

**PPGECiv**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
(RCC) APOIADO PELO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

**Romão Manuel L. C. Direitinho**

**Orientador: Prof. Dr. José da Costa Marques Neto**

**São Carlos, 2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
(RCC) APOIADO PELO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

**ROMÃO MANUEL L.C. DIREITINHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

**Área de Concentração:** Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr. José da Costa  
Marques Neto

**São Carlos**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Romão Manuel Leitão Carrapato Direitinho, realizada em 27/02/2020

---

Prof. Dr. José da Costa Marques Neto  
UFSCar

---

Prof. Dr. Valdir Schalch  
USP

---

Prof. Dr. Edson Walmir Cazarini  
USP

---

Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite  
UNESP

---

Profa. Dra. Sheyla Mara Baptista Serra  
UFSCar

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.  
O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

*DEDICATÓRIA*

---

*Dedico este trabalho à minha mãe, aquela que nunca me faltou fosse em que momento fosse, ao meu pai biológico que infelizmente não tive oportunidade de conhecer, e àquele de quem tantas saudades tenho e que o substituiu, o meu pai que me criou. Aos dois últimos, onde quer que estejam, que estejam em paz na proteção de Deus.*



*AGRADECIMENTOS*

---

Antes de mais nada quero agradecer a Deus, por me manter vivo e com saúde até agora.

À minha mãe, minha melhor amiga, e minha companheira de todas as horas. Sem ti eu não seria nada, mãe.

À minha irmã, que mesmo lá longe, vibra com as minhas vitórias, e sofre com as minhas derrotas.

À minha sobrinha, que eu tanto amo, e de quem tenho pena que eu não possa acompanhar o seu crescimento como tanto gostaria.

Ao meu cunhado, que para mim é o irmão que nunca tive.

Ao César Luis, que me veio ensinar um amor maior que todos os outros. Ele é o filho que eu gostaria de ter tido e que não tive.

À UFSCar, que me permitiu revalidar o meu diploma de Engenharia Civil no Brasil, o que para mim foi um marco importante, e prosseguir com o mestrado, e agora o doutorado.

Aos meus Professores da graduação em São Carlos, especialmente aos Professores Simar Vieira Amorim e Douglas Barreto, que para além disso mais tarde me ajudaram a resolver problemas administrativos junto do CREA para que eu pudesse finalmente obter o meu registro definitivo enquanto engenheiro civil.

Aos meus Professores da Pós-Graduação, pelo acréscimo de conhecimento que me proporcionaram durante a mesma.

Ao meu orientador, Professor Dr. José da Costa Marques Neto, por me ter aceitado como orientando e me ter apoiado nos tempos e nas situações mais difíceis.

Aos restantes membros da banca por se disponibilizarem a dispor do seu tempo e contribuírem com as suas indicações para a melhoria da pesquisa.

Aos meus colegas do “Carlitão”, especialmente aos do nosso laboratório, pelas horas de estudo e de convívio partilhados em conjunto.

Ao Professor Dr. Marcelo de Araújo Ferreira e à Bruna Catoia, pela ajuda na elaboração de artigos, pelo apoio e pela amizade.

Finalmente à CAPES, que me proporcionou o apoio financeiro para que eu me pudesse concentrar no trabalho, sem o que esta pesquisa não seria possível.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

*“Quando eu duvidar de mim mesmo, que sejas tu a  
minha força, Senhor.”*

*RESUMO*

---

**RESUMO**

As principais situações-problema com que as cidades se deparam, quase vinte anos após a implementação da resolução CONAMA n°307/2002, que veio para regulamentar as principais etapas do gerenciamento de RCC's, continuam estando relacionadas com disposições inadequadas de enormes quantidades produzidas dos mesmos. Muito foi feito desde então para melhorar este tipo de situação no país. Entretanto, a maioria das pesquisas acadêmicas sobre o tema quase sempre aborda essa problemática sob a perspectiva público, municipal, a qual como é evidente é diferente da perspectiva dos construtores privados, até porque existe a linha de ruptura do lucro para as separar. Nesse sentido, mais do que uma pesquisa se preocupou em desenvolver ferramentas informáticas de apoio à gestão municipal dos RCC's. Contrariamente ao que acontece para os agentes privados (construtoras). Esta tese vem de algum modo para suprimir essa lacuna, com o desenvolvimento de dois programas livres (um deles baseado no MMAD AHP), e modelo matemático empírico, os quais trabalham juntos no sentido de tentar otimizar o gerenciamento dos RCC's produzidos em canteiros de edifícios verticais multifamiliares, e para auxílio aos construtores privadas brasileiras.

**Palavras-chave:** AHP; Gerenciamento de RCC; Canteiros de obras; Construção vertical multifamiliar

*ABSTRACT*

---

**ABSTRACT**

The main problem situations faced by cities, almost twenty years after the implementation of CONAMA Resolution No. 307/2002, which came to regulate the main stages of the management of RCC's, continue to be related to inadequate destinations of huge quantities produced of these residues. Much has been done since then to improve this type of situation in the country. However, most academic research on the subject almost always addresses this issue from a public, municipal perspective, which of course is different from the perspective of private builders, not least because there is a line of profit break to separate them. In this sense, more than a survey was concerned with developing computer tools to support the municipal management of RCC's. Contrary to what happens for private agents (construction companies). This thesis comes in some way to bridge this gap, with the development of two free programs (one based on the MMAD AHP), and an empirical mathematical model, which work together to try to optimize the management of RCC's produced on construction sites of vertical multifamily buildings, and to assist Brazilian private builders.

**Keywords:** AHP; RCC management; Construction sites; Vertical civil construction

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

---

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1: Residências próximas à área do depósito provisório – ausência de cercas e riscos de vetores de doenças.....                           | 80  |
| Figura 2: Estruturação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil .....  | 94  |
| Figura 3: Estrutura do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil.....   | 97  |
| Figura 4: Estrutura dos Planos de Resíduos Sólidos.....   | 99  |
| Figura 5: Passo a passo das atividades do Projeto de Gerenciamento de Resíduos de uma obra - Início .....                                       | 110 |
| Figura 6: Passo a passo das atividades do Projeto de Gerenciamento de Resíduos de uma obra- Continuação e fim.....                              | 110 |
| Figura 7: Monitoramento dos resíduos – Formulário da SEMAM .....  | 113 |
| Figura 8: (esquerda) Uso de materiais tipo “dry-wall”; (direita) Paletização .....  | 115 |
| Figura 9: (esquerda) Demarcação de vias de acesso aos armazenamentos; (direita) Execução de serviço de alvenaria sem projeto de paginação ..... | 115 |
| Figura 10:(esquerda) Obra limpa e organizada; (direita) Racionalização da estação de trabalho da betoneira .....                                | 115 |
| Figura 11: Cronograma de atividades para estabelecimento de método de gestão de resíduos para a construção civil.....                           | 117 |
| Figura 12: Acondicionamentos iniciais adequados a cada tipo de resíduo da construção ....   | 120 |
| Figura13: Acondicionamentos iniciais adequados a resíduos não oriundos da atividade construtiva, em canteiro.....                               | 120 |
| Figura 14: Transporte interno ideal para cada tipo de resíduo .....   | 120 |
| Figura 15: Acondicionamento final ideal para cada tipo de resíduo da construção.....  | 121 |
| Figura 16: Acondicionamento final ideal para resíduos não oriundos da atividade construtiva, em canteiro .....                                  | 121 |
| Figura 17:Tipos de materiais reutilizáveis, e correspondentes cuidados requeridos e procedimentos para esse efeito.....                         | 122 |
| Figura 18: Forma adequada de coleta e remoção de cada tipo de resíduo da construção.....  | 123 |
| Figura 19: Forma adequada de coleta e remoção de resíduos provenientes de atividades não construtivas, em canteiro.....                         | 123 |
| Figura 20: Forma adequada de coleta e remoção de resíduos provenientes de atividades não construtivas, em canteiro – Parte I.....               | 124 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 21: Forma adequada de coleta e remoção de resíduos provenientes de atividades não construtivas – Parte II.....   | 125 |
| Figura 22: (esquerda) Modelo de ficha cadastral para destinatários de resíduos da construção; (direita) Modelo de CTR que atende as NBR 15112:2004 a 15114:2004 ..... | 125 |
| Figura 23: Análise comparativa entre a estrutura proposta para o PGRCC nos 5 trabalhos anteriormente analisados .....   | 128 |
| Figura 24: Normas técnicas brasileiras de 2004 relacionadas aos RCC/RCD.....  | 130 |
| Figura 25:Relação entre o VPL (valor presente líquido) e o VAUE (valor anual uniforme equivalente) .....  | 139 |
| Figura 26: Fluxos de caixa do Projeto 1 durante os primeiros 10 anos .....  | 140 |
| Figura 27: Fluxos de caixa do Projeto 2 durante os primeiros 10 anos .....  | 141 |
| Figura 28: Fluxos de caixa descontados do Projeto 1 durante os primeiros 10 anos.....   | 143 |
| Figura 29: Fluxos de caixa descontados do Projeto 2 durante os primeiros 10 anos.....   | 143 |
| Figura 30: Determinação da TIR para os investimentos 1 e 2.....   | 147 |
| Figura 31:Evolução dos gastos e ganhos mensais de uma pessoa, e respectivos saldos do período e acumulados.....   | 148 |
| Figura 32: Evolução gráfica dos gastos, ganhos, saldos mensais e saldos mensais acumulados de uma pessoa, durante um período de 7 meses.....                          | 149 |
| Figura 33: Pay-back simples para o Projeto 1 – consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP .....  | 150 |
| Figura 34: Pay-back simples para o Projeto 2 – consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP .....  | 150 |
| Figura 35: Pay-back descontado para o Projeto 1 – consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP .....   | 151 |
| Figura 36: Pay-back descontado para o Projeto 2 – consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP .....   | 151 |
| Figura 37: Estrutura hierárquica do método AHP.....   | 168 |
| Figura 38: Aspecto típico da matriz de decisão do método AHP .....  | 169 |
| Figura 39: Escala fundamental de Saaty .....  | 169 |
| Figura 40: Tabela de valores do índice randômico, IR.....   | 171 |
| Figura 41:Diferentes percepções e sinônimos para as definições de baixo custo e alto benefício .....  | 175 |
| Figura 42: Matriz comparativa do grupo de critérios.....  | 177 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 43: Matriz comparativa normalizada do grupo de critérios .....  | 177 |
| Figura 44: Cálculo do vetor de Eigen.....  | 178 |
| Figura 45: Hierarquia de critérios na organização hipotética, com destaque para o segundo nível da hierarquia.....   | 179 |
| Figura 46: Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo comprometimento das partes interessadas.....  | 179 |
| Figura 47: Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo critérios financeiros .....   | 179 |
| Figura 48: Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo critérios estratégicos.....   | 180 |
| Figura 49: Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo outros critérios.....   | 180 |
| Figura 50: Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo comprometimento das partes interessadas .....   | 180 |
| Figura 51: Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo critérios financeiros .   | 180 |
| Figura 52: Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo critérios estratégicos  | 180 |
| Figura 53: Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo outros critérios.....   | 181 |
| Figura 54: Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo comprometimento das partes interessadas..... | 181 |
| Figura 55: Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo critérios financeiros.....                   | 181 |
| Figura 56: Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo critérios estratégicos .....                 | 182 |
| Figura 57: Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo outros critérios.....                        | 182 |
| Figura 58: Matriz comparativa dos projetos no critério Comprometimento do Time.....  | 186 |
| Figura 59: Matriz comparativa dos projetos no critério Comprometimento da Organização .....  | 186 |
| Figura 60: Matriz comparativa dos projetos no critério Comprometimento do Gerente de Projeto.....  | 187 |
| Figura 61: Matriz comparativa dos projetos no critério Retorno do Investimento.....  | 187 |
| Figura 62: Matriz comparativa dos projetos no critério Lucro.....  | 187 |
| Figura 63: Matriz comparativa dos projetos no critério Valor Presente Líquido.....   | 188 |
| Figura 64: Matriz comparativa dos projetos no critério Habilidade para Competir em Mercados Internacionais.....  | 188 |
| Figura 65: Matriz comparativa dos projetos no critério Melhoria dos Processos Internos.....  | 188 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 66: Matriz comparativa dos projetos no critério Melhoria da Reputação.....  | 189 |
| Figura 67: Matriz comparativa dos projetos no critério Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização.....                 | 189 |
| Figura 68: Matriz comparativa dos projetos no critério Urgência.....   | 189 |
| Figura 69: Matriz comparativa dos projetos no critério Conhecimento Técnico Interno.....                                   | 190 |
| Figura70: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Comprometimento do Time.....                             | 190 |
| Figura71: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Comprometimento da Organização.....                      | 190 |
| Figura72: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Comprometimento do Gerente de Projeto.....               | 190 |
| Figura73: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Retorno do Investimento.....                             | 191 |
| Figura74: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Lucro.....   | 191 |
| Figura75: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Valor Presente Líquido.....                              | 191 |
| Figura76: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Habilidade para Competir em Mercados Internacionais..... | 191 |
| Figura77: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Melhoria dos Processos Internos.....                     | 192 |
| Figura78: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Melhoria da Reputação.....                               | 192 |
| Figura79: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização.....      | 192 |
| Figura80: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Urgência.....  | 192 |
| Figura 81: Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Conhecimento Técnico Interno.....                       | 193 |
| Figura 82: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Comprometimento do Time.....                           | 193 |
| Figura 83: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Comprometimento da Organização.....                    | 194 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 84: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Comprometimento do Gerente de Projeto.....  | 195 |
| Figura85: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Retorno do Investimento.....   | 195 |
| Figura 86: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Lucro.....  | 196 |
| Figura87: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Valor Presente Líquido.....  | 197 |
| Figura 88: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Melhoria na Habilidade de Competir em Mercados Internacionais.....  | 197 |
| Figura 89: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Melhoria nos Processos Internos.....  | 198 |
| Figura90: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Melhoria da Reputação.....   | 199 |
| Figura 91: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização.....   | 199 |
| Figura 92: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Urgência.....   | 200 |
| Figura 93: Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Conhecimento Técnico Interno.....   | 200 |
| Figura 94: Avaliação final da prioridade do projeto Mudança para um Novo Escritório segundo os critérios escolhidos e ponderados para a organização.....                        | 205 |
| Figura 95: Avaliação final da prioridade do projeto Mudança para um Novo Escritório para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização..... | 206 |
| Figura 96:Resultados finais para as prioridades do portfólio de projetos da organização.....  | 206 |
| Figura 97: Avaliação final da prioridade do projeto Novo Sistema ERP para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização.....                | 207 |
| Figura 98: Avaliação final da prioridade do projeto Abertura do Escritório na China para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização..... | 207 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 99: Avaliação final da prioridade do projeto Desenvolvimento de Novo Produto para o Mercado Internacional para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização..... | 207 |
| Figura100: Avaliação final da prioridade do projeto Terceirização da Infraestrutura de TI para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização.....                        | 208 |
| Figura 101: Avaliação final da prioridade do projeto Nova Campanha de Marketing Local para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização.....                            | 208 |
| Figura 102: Estrutura hierárquica do estudo .....  | 213 |
| Figura 103: Matriz de julgamentos A .....  | 214 |
| Figura 104: Matriz normalizada derivada da matriz A .....  | 214 |
| Figura 105: Demonstração das prioridades em razão de cada critério avaliado .....  | 215 |
| Figura 106: Vetor de prioridades médias locais/vetor prioridade média das linhas, em razão dos sub-critérios adotados .....  | 215 |
| Figura 107: Vetor coluna C, de acordo com os critérios definidos.....  | 216 |
| Figura 108: Vetor B, de acordo com os sub-critérios definidos.....   | 216 |
| Figura 109: Vetor D, de acordo com os sub-critérios definidos .....  | 216 |
| Figura 110: Vetor C, de acordo com os sub-critérios definidos.....   | 217 |
| Figura 111: Vetor de prioridades médias locais ordenado decrescentemente, em razão dos sub-critérios adotados.....   | 218 |
| Figura 112: Critérios adotados para a hierarquização das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos domiciliares .....   | 221 |
| Figura 113: Representação esquemática para a definição de critérios e tecnologias para a determinação da hierarquia entre as alternativas para tratamento de RD .....  | 222 |
| Figura 114: Proposta de uma outra hierarquização de critérios e alternativas, para resolução do problema do artigo em questão .....  | 223 |
| Figura115: Vantagens e desvantagens das tecnologias consideradas para tratamento de resíduos domiciliares.....   | 225 |
| Figura 116: Critérios adotados para a hierarquização das tecnologias de tratamento de RD.....  | 227 |
| Figura117: Matriz de comparações par a par/julgamentos, entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento .....   | 228 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura118: Matriz normalizada de comparações par a par/julgamentos entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento .....                                     | 229 |
| Figura119: Vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor média das linhas, das várias tecnologias relativamente ao critério “custo do investimento” (autor) .....                                     | 229 |
| Figura120: Matriz de comparações par a par/julgamentos, entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento .....  | 230 |
| Figura121: Matriz normalizada de comparações par a par/julgamentos, entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento .....                                    | 230 |
| Figura122: Vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor média das linhas, das várias tecnologias relativamente ao critério “custo do investimento” (pesquisador) .....                               | 230 |
| Figura 123: Determinação e resultado do cálculo do vetor coluna C (autor) .....   | 231 |
| Figura 124: Determinação e resultado do cálculo do vetor coluna C (pesquisador).....  | 231 |
| Figura 125: Vetor $D = C/W$ .....   | 232 |
| Figura126: Prioridades de cada uma das tecnologias segundo cada um dos critérios considerados .....   | 233 |
| Figura 127: Matriz de comparação dos critérios (autor) .....  | 235 |
| Figura 128: Matriz de comparação dos critérios (pesquisador) .....  | 236 |
| Figura 129: Matriz normalizada de comparação dos critérios (autor) .....  | 236 |
| Figura 130: Matriz normalizada de comparação dos critérios (pesquisador) .....  | 236 |
| Figura 131: Valores do vetor coluna, C (autor) .....  | 237 |
| Figura 132: Valores do vetor coluna, C (pesquisador).....   | 237 |
| Figura 133: Valores do vetor D e de $\lambda_{máx}$ (pesquisador).....  | 237 |
| Figura 134:Matriz de comparações par a par entre os projetos (P1, P2, P3) e segundo o critério atendimento à legislação (autor).....  | 238 |
| Figura 135:Matriz de comparações par a par entre os projetos (P1, P2, P3) e segundo o critério atendimento à legislação (pesquisador).....  | 238 |
| Figura 136:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério atendimento à legislação (autor).....       | 239 |
| Figura 137:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério atendimento à legislação (pesquisador)..... | 239 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 138:Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério Proteção ao Meio Ambiente (autor).....  | 239 |
| Figura 139:Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério Proteção ao Meio Ambiente (pesquisador).....  | 240 |
| Figura 140:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério proteção ao meio ambiente (autor).....            | 240 |
| Figura 141:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério proteção ao meio ambiente (pesquisador).....      | 240 |
| Figura 142:Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (autor).....   | 241 |
| Figura 143:Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (pesquisador).....   | 241 |
| Figura 144:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (autor).....       | 241 |
| Figura 145:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (pesquisador)..... | 241 |
| Figura 146:Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “estimular ações internas“ (autor).....   | 242 |
| Figura 147:Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “estimular ações internas” (pesquisador).....   | 242 |
| Figura 148:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “estimular ações internas” (autor).....           | 242 |
| Figura 149:Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “estimular ações internas” (pesquisador).....     | 242 |
| Figura 150:Matriz de priorização dos projetos (autor).....  | 244 |
| Figura 151: Vetor coluna dos projetos, critério “atendimento à legislação” (pesquisador)...   | 245 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 152: Vetor D e cálculo do $\lambda_{máx}$ dos projetos segundo o critério “atendimento à legislação” (pesquisador) .....  | 245 |
| Figura 153: Vetor coluna dos projetos, critério “proteção ao meio ambiente” (pesquisador)  | 246 |
| Figura 154: Vetor D e cálculo do $\lambda_{máx}$ dos projetos segundo o critério “proteção ao meio ambiente” (pesquisador).....  | 246 |
| Figura 155: Vetor coluna dos projetos, critério “otimizar rotinas de produção” (pesquisador) .....   | 247 |
| Figura 156: Vetor D e cálculo do $\lambda_{máx}$ dos projetos segundo o critério “otimizar rotinas de produção” (pesquisador) .....  | 247 |
| Figura 157: Vetor coluna dos projetos, critério “estimular ações internas” (pesquisador)....   | 248 |
| Figura 158: Vetor D e cálculo do $\lambda_{máx}$ dos projetos segundo o critério “estimular ações internas” (pesquisador).....   | 248 |
| Figura159: Elementos do grupo prioritário. Pesos ilustrativos .....  | 252 |
| Figura160: Modelo inicial proposto com os Grupos Prioritários e Específicos. Pesos ilustrativos .....  | 253 |
| Figura 161: Matriz proposta com o Grupo Prioritário para a gestão de resíduos sólidos. Pesos ilustrativos/exemplificativos .....   | 253 |
| Figura 162:Matriz proposta para o Grupo Específico com os critérios avaliados pelos especialistas. Valores ilustrativos/exemplificativos .....   | 254 |
| Figura 163: (esquerda) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 01; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 02 .....  | 255 |
| Figura 164: (esquerda) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 03; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 04; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 5..  | 255 |
| Figura 165: (esqu.) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 06; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 07; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 08..... | 255 |
| Figura 166: (esqu.) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 09; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os  |     |

|   |     |
|---|-----|
| respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 10; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 11.....  | 256 |
| Figura 167: (esqu.) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 12; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 13; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 14..... | 256 |
| Figura 168: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 01.....   | 256 |
| Figura 169: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 02.....   | 256 |
| Figura 170: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 03.....   | 257 |
| Figura 171: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 04.....   | 257 |
| Figura 172: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 05.....   | 257 |
| Figura 173: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 06.....   | 257 |
| Figura 174: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 07.....   | 258 |
| Figura 175: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 08.....   | 258 |
| Figura 176: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 09.....   | 258 |
| Figura 177: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 10.....   | 258 |
| Figura 178: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 11.....   | 259 |
| Figura 179: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 12.....   | 259 |
| Figura 180: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respetivos pesos reais atribuídos pelo especialista 13.....   | 259 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 181: Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 14.....                                       | 259 |
| Figura 182: Média e desvio padrão (+/-) dos pesos dados pelos especialistas para as atividades do Grupo Prioritário .....                                      | 260 |
| Figura183: Média e desvio-oadrão (+/-) dos pesos dados pelos especialistas para as atividades do Grupo Específico/Secundário.....                              | 260 |
| Figura184: Escala utilizada para a pontuação do atendimento aos questionamentos feitos sobre a gestão de resíduos sólidos.....                                 | 261 |
| Figura185: Matriz do Grupo Prioritário com a soma das colunas para o cálculo da normalização .....   | 262 |
| Figura186: Matriz do Grupo Prioritário, já normalizada .....   | 262 |
| Figura187: Matriz do Grupo Específico, já normalizada.....   | 262 |
| Figura188: Resultado do vetor médio das linhas, para o Grupo Prioritário.....  | 263 |
| Figura189: Vetor médio das linhas, para o Grupo Específico .....   | 263 |
| Figura190: Vetor coluna para o grupo prioritário .....   | 264 |
| Figura191: Vetor coluna para o grupo específico.....   | 264 |
| Figura192: Valor de $\lambda_{máx}$ (= Média $\lambda$ ) para o grupo prioritário.....   | 265 |
| Figura193: Valor de $\lambda_{máx}$ (= Média $\lambda$ ) para o grupo específico.....  | 265 |
| Figura194: Pesos obtidos através da avaliação dos dados fornecidos pelos especialistas ....  | 268 |
| Figura195: Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Lençóis Paulista .....   | 270 |
| Figura196: Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Lençóis Paulista e a aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos ..... | 270 |
| Figura197: Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Bauru e a aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos.....             | 272 |
| Figura198: Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Sorocaba e a aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos .....         | 274 |
| Figura199: Matriz de qualificações/classificações das alternativas segundo os critérios estabelecidos – método ELECTRE II (pesquisador).....                   | 278 |
| Figura200: Matriz de concordâncias entre as alternativas – método ELECTRE II (pesquisador).....  | 279 |
| Figura201: Matriz de discordâncias entre as alternativas - método ELECTRE II (pesquisador).....  | 280 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura202: Matriz de dominâncias entre alternativas – método ELECTRE II (pesquisador).....   | 280 |
| Figura203: Matriz de qualificações/classificações, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador).....   | 281 |
| Figura204: Matriz de concordâncias entre alternativas, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador).....   | 283 |
| Figura205: Matriz de discordâncias entre alternativas, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador).....   | 285 |
| Figura206: Dominâncias por linhas, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador).....   | 286 |
| Figura207: Dominâncias por colunas, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador).....  | 287 |
| Figura208: Matriz de diferenças entre dominâncias por linhas e por colunas, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador).....                              | 288 |
| Figura209: Matriz de hierarquização das alternativas, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador).....  | 288 |
| Figura210: Matriz simplificada de hierarquização das alternativas, sem normalização do vetor de pesos W, exemplo didático – método ELECTRE II (pesquisador)..... | 289 |
| Figura211: Valoração da performance dos pilotos.....   | 290 |
| Figura212: Valoração do critério C1 - Desempenho.....  | 291 |
| Figura213: Pontuação da Fórmula 1 a partir de 2003.....  | 291 |
| Figura214: Valoração das alternativas por critério .....   | 292 |
| Figura215: Peso dos critérios.....   | 293 |
| Figura216: Valoração das alternativas por critério.....  | 293 |
| Figura217: Matriz de índices de concordância – completa (pesquisador).....   | 300 |
| Figura218: Matriz de índices de discordância – completa (pesquisador).....   | 307 |
| Figura219: Matriz de dominâncias (pesquisador).....  | 312 |
| Figura220: Ordenação/hierarquização das alternativas (pesquisador).....  | 313 |
| Figura221: Ordenação das alternativas pelo ELECTRE II.....   | 314 |
| Figura222: Ordenação (classificação) oficial final dos pilotos (alternativas) no campeonato de Fórmula 1 de 2007.....  | 314 |
| Figura223: Função de preferência do tipo I.....  | 317 |
| Figura224: Função de preferência do tipo II.....   | 317 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura225: Função de preferência do tipo III.....   | 317 |
| Figura226: Função de preferência do tipo IV.....  | 318 |
| Figura227: Função de preferência do tipo V.....   | 318 |
| Figura228: Função de preferência do tipo VI.....  | 318 |
| Figura229: Exemplo prático de aplicação do método PROMETHEE II – Dados iniciais do problema.....  | 320 |
| Figura230: Matriz de índices de preferência para o problema .....   | 351 |
| Figura231: Matriz de índices de preferência para o problema.....  | 353 |
| Figura232: Fluxos médios e fluxo líquido médio.....   | 353 |
| Figura233: Ordenamento das alternativas do exemplo prático pelo método PROMETHEE II.....  | 353 |
| Figura234: Empreendimentos inscritos para hierarquização em 2008.....   | 355 |
| Figura235: Critérios de Decisão de Investimentos.....   | 356 |
| Figura236: Pontuação para os critérios.....   | 356 |
| Figura237: Matriz de avaliação das bacias PCJ.....  | 357 |
| Figura238: Modelagem de Preferência conforme PROMETHEE II .....   | 358 |
| Figura239: Matriz de índices de preferência, para o Cenário I (Decisor 1), conforme o método PROMETHEE II (pesquisador).....                              | 377 |
| Figura240: Ordenamento das alternativas para o Decisor 1 – Cenário I (pesquisador).....   | 381 |
| Figura241: Matriz de índices de preferência para o Cenário II (Decisor 2), conforme o método PROMETHEE II (pesquisador).....                              | 401 |
| Figura242: Ordenamento das alternativas para o Decisor 2 – Cenário II (pesquisador).....  | 405 |
| Figura243: Matriz de índices de preferência para o Cenário III (Decisor3) conforme o método PROMETHEE II (pesquisador).....                               | 424 |
| Figura244: Ordenamento das alternativas para o Decisor 3 – Cenário III (pesquisador).....   | 428 |
| Figura245: Comparação entre os ordenamentos para os 3 cenários, seja para o pesquisador ou a autora.....  | 428 |
| Figura246: Determinação da alternativa ideal e da alternativa anti-ideal a partir dos desempenhos de um conjunto de alternativas reais (pesquisador)..... | 430 |
| Figura247: Exemplo gráfico de aplicação do método Topsis para situação com 5 alternativas ( pesquisador).....   | 430 |
| Figura248: Matriz de decisão para o exemplo didático de aplicação do método Topsis (pesquisador).....   | 432 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura249: Matriz de decisão normalizada para o exemplo didático de aplicação do método Topsis (pesquisador).....   | 433 |
| Figura250: Matriz de decisão normalizada ponderada para o exemplo didático de aplicação do método Topsis.....   | 433 |
| Figura251: Alternativa ideal e alternativa anti-ideal para exemplo didático de aplicação do método Topsis (pesquisador).....  | 434 |
| Figura252: Distância das várias alternativas à alternativa ideal e à alternativa anti-ideal; cálculo dos valores do rácio RSI para as diversas alternativas, para exemplo didático de aplicação do método Topsis (pesquisador)..... | 435 |
| Figura253: Ordenação das alternativas, em função dos valores obtidos para o rácio RSI, para exemplo didático de aplicação do método Topsis (pesquisador).....   | 436 |
| Figura254: Arranjo metodológico da avaliação dos serviços de saneamento dos municípios selecionados para a pesquisa.....  | 437 |
| Figura255: Modelos de Gestão dos serviços de saneamento estudados.....  | 437 |
| Figura256: População e indicadores dos municípios selecionados para a pesquisa.....   | 437 |
| Figura257: Fonte de dados secundários utilizados na pesquisa.....   | 439 |
| Figura258: Indicadores tecnológicos utilizados para a caracterização dos sistemas de abastecimento de água estudados – Parte I.....   | 439 |
| Figura259: Indicadores tecnológicos utilizados para a caracterização dos sistemas de abastecimento de água estudados – Parte II .....   | 439 |
| Figura260: Indicadores tecnológicos utilizados para a caracterização dos sistemas de esgotamento sanitário estudados.....   | 440 |
| Figura261: Classificação atribuída às variáveis da planilha eletrônica.....   | 440 |
| Figura262: Aspectos dos mananciais da captação de águas distritos-sede de Itabirito, Nova Lima, Ouro Preto e Vespasiano.....  | 441 |
| Figura263: Sistemas de tratamento de água distribuída nos distritos-sede de Itabirito, Nova Lima, Ouro Preto e Vespasiano.....  | 442 |
| Figura264: Atendimento quanto à frequência de amostras e padrões da qualidade da água para consumo humano dos municípios estudados.....   | 442 |
| Figura265: Aspectos dos sistemas de distribuição de água dos serviços de saneamento estudados.....  | 443 |
| Figura266: Paralisações e intermitências nos sistemas de distribuição de água dos municípios estudados .....  | 443 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura267: Aspectos dos sistemas de coleta e interceptação de esgotos dos distritos-sede estudados .....                         | 444 |
| Figura268: Existência de Planos Diretores de abastecimento de água e de esgotamento sanitário .....                              | 444 |
| Figura269: Ponderação e pontuação dos critérios para os sistemas de abastecimento de água.....                                   | 445 |
| Figura270: Matriz de decisão já parametrizada segundo a dissertação .....  | 447 |
| Figura271: Matriz de decisão já parametrizada segundo o pesquisador .....  | 447 |
| Figura272: Matriz de decisão “parametrizada normalizada” (pesquisador) .....   | 449 |
| Figura273: Matriz de decisão “parametrizada normalizada ponderada” (pesquisador).....  | 449 |
| Figura274: Medidas de distâncias calculadas pelo autor .....   | 451 |
| Figura275: Medidas de distâncias e valores do rácio RSI calculados pelo autor .....  | 452 |
| Figura276: Medidas de distâncias e valores do rácio RSI calculados pelo pesquisador (pesquisador) .....                          | 452 |
| Figura277: Hierarquização dos sistemas de abastecimento de água pelo Topsis obtida pelo autor.....                               | 453 |
| Figura278: Hierarquização dos sistemas de abastecimento de água pelo Topsis obtida pelo pesquisador (pesquisador) .....          | 453 |
| Figura279: Ponderação e pontuação dos critérios para os sistemas de esgotamento sanitário.....                                   | 454 |
| Figura280: Parametrização da matriz de decisão, para o sistema de esgotamento sanitário..  | 454 |
| Figura281: Matriz de decisão parametrizada normalizada (pesquisador).....  | 455 |
| Figura282: Matriz de decisão parametrizada normalizada ponderada (pesquisador) .....   | 455 |
| Figura283: Medidas de distâncias calculadas pelo autor .....   | 457 |
| Figura284: Medidas de distâncias e valores do rácio RSI, calculados pelo autor – esgotamento sanitário .....                     | 457 |
| Figura285: Medidas de distâncias e valores do rácio RSI, calculados pelo pesquisador – esgotamento sanitário (pesquisador) ..... | 458 |
| Figura286: Hierarquização dos sistemas de esgotamento sanitário pelo Topsis obtida pelo autor.....                               | 458 |
| Figura287: Hierarquização dos sistemas de esgotamento sanitário pelo Topsis obtida pelo pesquisador (pesquisador) .....          | 458 |
| Figura288: Elementos que compõem os canteiros de obras de construção civil .....   | 460 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura289: Serviços das várias etapas de uma obra-tipo de construção civil .....                                       | 461 |
| Figura290: Proposta de divisão das várias fases de uma obra de construção civil segundo atividades.....                | 461 |
| Figura291: Geração de resíduos de construção em cidades no estado de São Paulo.....                                    | 466 |
| Figura292: Geração de resíduos de construção civil e obras públicas na Dinamarca, durante os anos de 2004 e 2005 ..... | 471 |
| Figura293: Formas de tratamento dos RCD na Dinamarca, em milhões de toneladas .....                                    | 471 |
| Figura294: Quantidades e destino dos RCD nos países da União Europeia em 1999 .....                                    | 473 |
| Figura295: Estimativa de geração de RCD nos EUA, em milhões de toneladas, no ano de 1996.....                          | 475 |
| Figura296: Estimativa das formas de gestão dos RCD nos EUA em 1996 .....   | 475 |
| Figura297: Estratégias para a gestão e o gerenciamento integrado de resíduos sólidos .....                             | 477 |
| Figura298: Etapas da gestão e do gerenciamento dos resíduos de construção civil .....                                  | 478 |
| Figura299: Classificação dos RCC segundo a resolução 307/2002 CONAMA .....   | 489 |
| Figura300: Tambores de 200 litros para o descarte de materiais .....   | 491 |
| Figura301: Bombonas para o descarte de resíduos nos pavimentos .....   | 492 |
| Figura302: Bags para o descarte de resíduos .....  | 492 |
| Figura303: Baias para o descarte de resíduos .....   | 493 |
| Figura304: Caçamba estacionária para o descarte de resíduos .....  | 493 |
| Figura305: Tipos de recipientes para acondicionamento inicial e final.....   | 494 |
| Figura306: Coletor vertical de resíduos .....  | 495 |
| Figura307: Utilização de carrinhos de mão e elevadores de carga para transporte interno dos resíduos.....              | 495 |
| Figura308: Recomendações de transporte interno de resíduos .....   | 496 |
| Figura309: Resíduos por etapa de obra e seu possível reaproveitamento .....  | 498 |
| Figura310: Confeção de caixas de gordura com agregados reciclados.....   | 499 |
| Figura311: Confeção de pavers com agregados reciclados .....   | 500 |
| Figura312: Confeção de blocos com agregados reciclados .....   | 501 |
| Figura313: Agregados reciclados após beneficiamento dos RCD/RCC.....   | 502 |
| Figura314: Moinho-argamassadeira.....  | 506 |
| Figura315: Vista geral da usina de reciclagem em Pampulha – BH.....  | 508 |
| Figura316: Usina de reciclagem em São José do Rio Preto.....   | 508 |
| Figura317: Britador e escavadeira hidraulica operando em conjunto.....   | 509 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura318: Peneirador mecânico.....  | 510 |
| Figura319: (esquerda) Transportador autônomo de pequenos volumes; (direita) Caminhão com poliguindaste .....   | 511 |
| Figura320: (esquerda) Eco ponto 31 de Março, com caçambas para resíduos densos, São José dos Campos-SP; (direita) Baías de armazenamento de resíduos leves do mesmo.....   | 513 |
| Figura321: (esquerda) Controle de caminhão à entrada da ATT; (direita) Descarga de caminhão tipo poliguindaste no pátio de triagem.....  | 515 |
| Figura322: (esquerda) Triagem manual, na ATT, por operários treinados para o efeito; (direita) Áreas para armazenamento temporário por naturezas de materiais .....  | 515 |
| Figura323: (esquerda) Alimentador Vibratório utilizado no processo de reciclagem dos RCD; (direita) Britador de mandíbulas utilizado para a quebra de partículas no processo de reciclagem .....   | 516 |
| Figura324: (esquerda) Peneira vibratória utilizada para separar o material triturado conforme sua granulometria, com saídas em diferentes direções, para posterior alimentação das esteiras transportadoras; (direita) Agregado miúdo reciclado..... | 517 |
| Figura325: (esquerda) Equipamentos de pequeno porte para “mini-usinas de reciclagem de agregados”, possíveis de instalar em canteiro; (direita) Esteira transportável por um funcionário só.....   | 517 |
| Figura326: (esquerda) Aterro construído em elevação; (direita) Aterro construído em escavação.....   | 518 |
| Figura327: Desenho esquemático de um aterro sanitário em escavação .....   | 519 |
| Figura328: Desenho em perspectiva das várias camadas e elementos constituintes de um aterro sanitário .....  | 519 |
| Figura329: Tabela de coeficientes $a_{i,n}$ , para teste de normalidade de Shapiro-Wilk.....   | 522 |
| Figura330: Região crítica no teste unilateral esquerdo de Shapiro-Wilk.....  | 523 |
| Figura331: Tabela de quantis e probabilidades de Shapiro-Wilk.....   | 524 |
| Figura332: Aspecto típico de um gráfico do tipo box-plot ou diagrama de caixa.....   | 525 |
| Figura333: Gráfico do tipo box-plot sem “outliers” e relativo ao exemplo 1 anterior.....   | 526 |
| Figura334: Gráfico do tipo box-plot com “outliers” / pontos discrepantes.....  | 527 |
| Figura335: “Corpo da caixa” e ponto discrepante / “outlier” para gráfico box-plot referente ao exemplo 2.....  | 528 |
| Figura336: Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte I de VI.....   | 530 |
| Figura337: Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte II de VI .....   | 531 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura338: Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte III de VI.....   | 532 |
| Figura339: Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte IV de VI.....  | 532 |
| Figura340: Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte V de VI .....  | 533 |
| Figura341: Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte VI de VI .....   | 534 |
| Figura342: Construção de gráficos de dispersão, parte I de VII.....  | 535 |
| Figura343: Construção de gráficos de dispersão, parte II de VII .....  | 535 |
| Figura344: Construção de gráficos de dispersão, parte III de VII .....   | 536 |
| Figura345: Construção de gráficos de dispersão, parte IV de VII .....  | 536 |
| Figura346: Construção de gráficos de dispersão, parte V de VII .....   | 536 |
| Figura347: Construção de gráficos de dispersão, parte VI de VII .....  | 537 |
| Figura348: Construção de gráficos de dispersão, parte VII de VII .....   | 538 |
| Figura349: Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte I de V.....   | 539 |
| Figura350: Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte II de V.....  | 540 |
| Figura351: Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte III de V..... | 541 |
| Figura352: Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte IV de V.....  | 542 |
| Figura353: Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte V de V .....  | 543 |
| Figura354: Gráfico de probabilidade normal do exemplo prático .....  | 544 |
| Figura355: Início da série de dados para construção do gráfico de probabilidade normal/ gráfico de dispersão do exemplo prático 2.....       | 545 |
| Figura356: Parte final da série de dados para construção do gráfico de probabilidade normal/ gráfico de dispersão do exemplo prático 2.....  | 545 |
| Figura357: Gráfico de probabilidade normal do exemplo prático 2 .....  | 546 |
| Figura358: Defeitos na operação em função dos meses de experiência do funcionário.....   | 547 |
| Figura359: Tempo de espera na fila e nota de avaliação geral, para uma amostra de 30 clientes.....   | 548 |
| Figura360: Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o tempo de espera e a nota dos clientes.....                                 | 549 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura361: Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o tempo de espera e a nota dos clientes, por faixas de intervalos de tempo.....                             | 550 |
| Figura362: Procedimento para adicionar linha de tendência de gráfico de dispersão, para correlação entre duas variáveis, e respectiva equação, através do excel.....        | 551 |
| Figura363: Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o tempo de espera e a nota dos clientes, com linha de tendência e respectiva equação.....                   | 552 |
| Figura364: Procedimento para que o gráfico de dispersão para efeitos de correlação mostre, além da reta de regressão e sua equação, o valor de $R^2$ .....                  | 553 |
| Figura365: Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o tempo de espera e a nota dos clientes, com linha de tendência, respectiva equação, e valor de $R^2$ ..... | 554 |
| Figura366: Pré-construção do modelo de previsão usando o excel.....   | 554 |
| Figura367: Utilização das funções interceptar, declive e Rquad para construção do modelo de previsão usando o excel.....  | 555 |
| Figura368: Resultado devolvido pela utilização das funções interceptar, declive e Rquad para construção do modelo de previsão, e aplicadas ao presente exemplo prático..... | 555 |
| Figura369: Modo de reproduzir a equação de regressão linear – equação de previsão do modelo – usando o excel, e para o presente exemplo prático .....                       | 556 |
| Figura370: Valor devolvido para nota atribuída aos serviços do banco, pelo modelo, para um tempo de espera de 15min, e no presente exemplo prático .....                    | 556 |
| Figura371: Caixa para ativar suplementos de análise de dados no excel 2007, parte I de IV..   | 557 |
| Figura372: Caixa para ativar suplementos de análise de dados no excel 2007, parte II de IV.   | 558 |
| Figura373: Caixa para ativar suplementos de análise de dados no excel 2007, parte III de IV .....   | 558 |
| Figura374: Caixa para ativar suplementos de análise de dados no excel 2007, parte IV de IV .....  | 558 |
| Figura375: Geração de uma série de números aleatórios usando o excel 2007, parte I de VI.   | 559 |
| Figura376: Geração de uma série de números aleatórios usando o excel 2007, parte II de VI .....   | 560 |
| Figura377: Geração de uma série de números aleatórios usando o excel 2007, parte III de VI .....  | 560 |
| Figura378: Geração de uma série de números aleatórios usando o excel 2007, parte IV de VI.....  | 560 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura379: Geração de uma série de números aleatórios usando o excel 2007, parte V de VI<br>.....   | 561 |
| Figura380: Geração de uma série de números aleatórios usando o excel 2007, parte VI de VI<br>.....  | 561 |
| Figura381: Ordenação crescente dos dados da amostra completa para montagem de gráfico Q-Qplot.....  | 561 |
| Figura382: Primeiras 40 observações da amostra, já ordenada crescentemente, para construção de gráfico Q-Qplot, respectivas frequências absolutas e frequências acumuladas..... | 562 |
| Figura383: Observações, frequências absolutas, frequências acumuladas, total do n° de observações, média e desvio-padrão da amostra, para construção de gráfico Q-Qplot.....    | 563 |
| Figura384: Aspecto “em bruto” para o gráfico Q-Qplot referente às 200 observações da amostra do problema.....   | 565 |
| Figura385: Gráfico Q-Qplot com equação de regressão e valor de $R^2$ .....  | 566 |
| Figura386: Fatores que podem afetar a herbivoria de plantas/árvores.....  | 568 |
| Figura387: Áreas delimitadoras da localização de plantas/árvores em um pomar – borda, a 3m da borda, a 10 m da borda, no centro.....  | 568 |
| Figura388: Localização das 24 amostras retiradas no pomar.....  | 568 |
| Figura389: Resultados para o n° de frutos atacados pelas pragas, conforme a localização da planta/árvore.....   | 569 |
| Figura390: Gráfico de barras para os resultados do n° de frutos atacados pelas pragas, conforme a localização da planta/árvore.....   | 569 |
| Figura391: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte I de VIII.....   | 570 |
| Figura392: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte II de VIII.....  | 571 |
| Figura393: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte III de VIII.....   | 571 |
| Figura394: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte IV de VIII.....  | 571 |
| Figura395: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte V de VIII.....   | 572 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura396: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte VI de VIII.....              | 572 |
| Figura397: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte VII de VIII.....             | 572 |
| Figura398: Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte VIII de VIII.....            | 572 |
| Figura399: Aplicação do teste de Tukey ao exemplo, parte I de II.....   | 574 |
| Figura400: Aplicação do teste de Tukey ao exemplo, parte II de II.....  | 574 |
| Figura401: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte I de VIII.....      | 576 |
| Figura402: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte II de VIII.....     | 576 |
| Figura403: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte III de VIII.....    | 577 |
| Figura404: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte IV de VIII.....     | 577 |
| Figura405: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte V de VIII.....      | 578 |
| Figura406: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte VI de VIII.....     | 578 |
| Figura407: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte VII de VIII.....    | 579 |
| Figura408: Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, parte VIII de VIII.....   | 580 |
| Figura409: Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, Parte I de IV.....   | 580 |
| Figura410: Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, Parte II de IV.....  | 580 |
| Figura411: Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, Parte III de IV..... | 581 |
| Figura412: Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, Parte IV de IV.....  | 581 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura413: Intervalos de valores do coeficiente de correlação de Pearson e correspondentes tipos de correlações.....   | 581 |
| Figura414: Coeficientes de correlação de Pearson na preferência de clientes por tipos de comidas diferentes.....   | 582 |
| Figura415: Dados iniciais para a variável dependente Y e para as variáveis independentes X do exemplo didático de regressão linear múltipla com uso de excel.....                                    | 584 |
| Figura416: Análise de regressão linear múltipla com uso de excel, parte I de VII .....   | 585 |
| Figura417: Análise de regressão linear múltipla com uso de excel, parte II de VII.....   | 586 |
| Figura418: Análise de regressão linear múltipla com uso de excel, parte III de VII.....  | 587 |
| Figura419: Análise de regressão linear múltipla com uso de excel, parte IV de VII.....   | 587 |
| Figura420: Análise de regressão linear múltipla com uso de excel, parte V de VII.....  | 589 |
| Figura421: Análise de regressão linear múltipla com uso de excel, parte VI de VII.....   | 590 |
| Figura422: Análise de regressão linear múltipla com uso de excel, parte VII de VII.....  | 591 |
| Figura423: Valor de locação previsto pelo modelo para apartamento de 120m <sup>2</sup> , com 3 banheiros, 3 quartos, e coeficiente de localização 9.....   | 591 |
| Figura424: Aproximação da distribuição t-student à distribuição normal-padrão, conforme o n° de graus de liberdade vai aumentando.....   | 593 |
| Figura425: Situação de partida para interpretação e consulta da tabela t-student.....  | 594 |
| Figura426: Tabela de distribuição t-student.....   | 595 |
| Figura427: Valor de t <sub>c</sub> fornecido pela tabela de student, para um n° de graus de liberdade de 17 e um valor de P de 95%.....  | 596 |
| Figura428: Valor de notas obtidas por alunos de duas turmas, para aplicação do teste de student.....   | 597 |
| Figura429: Médias dos valores das duas amostras, para efeito de desenvolvimento/aplicação do teste de student.....   | 597 |
| Figura430: Passo 2 na aplicação do teste de student a um exemplo prático.....  | 598 |
| Figura431: Passo 3 na aplicação do teste de student a um exemplo prático.....  | 598 |
| Figura432: Passo 8 na aplicação do teste de student a um exemplo prático; determinar se as médias das amostras são estatisticamente iguais ou se sua diferença é estatisticamente significativa..... | 600 |
| Figura433: Cronograma da pesquisa.....   | 606 |
| Figura434: Fluxograma da pesquisa.....   | 606 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura435: Fluxograma genérico das etapas de gerenciamento de RCC/RCD em canteiros de obras civis verticais.....                                | 607 |
| Figura436: AHP: as etapas do método.....  | 607 |
| Figura437: AHP: uma proposta para aplicação em gerenciamento de RCC em canteiros de edificações verticais .....                                 | 608 |
| Figura438: AHP: subcritérios pertencentes às classes de critérios ambientais, sociais e de legislação.....                                      | 609 |
| Figura439: AHP: subcritérios pertencentes à classe de critérios econômicos.....   | 609 |
| Figura440: AHP: subcritérios pertencentes à classe de critérios estratégicos.....   | 609 |
| Figura441: AHP: subcritérios pertencentes à classe de critérios operacionais.....   | 609 |
| Figura442: Ações possíveis com as várias classes de resíduos definidas.....   | 610 |
| Figura443: Matriz de decisão que compara par a par os elementos do nível 2 - classes de critérios.....  | 610 |
| Figura444: Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios ambientais.....                           | 611 |
| Figura445: Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios de legislação.....                        | 612 |
| Figura446: Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios sociais.....                              | 612 |
| Figura447: Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios estratégicos.....                         | 612 |
| Figura448: Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios operacionais.....                         | 613 |
| Figura449: Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios econômicos.....                           | 613 |
| Figura450: Matriz de decisão do nível 4, que compara as combinações de ações/intervenções sobre os resíduos das várias classes, e entre si..... | 615 |
| Figura451: Estudo-piloto, reunião prévia, carta de apresentação.....  | 619 |
| Figura452: Estudo-piloto, reunião prévia, método.....   | 619 |
| Figura453: Estudo-piloto, reunião prévia, resultados.....   | 620 |
| Figura454: Estudo-piloto, carta de resposta a solicitação de agenda de visitas de campo.....  | 620 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura455: Estudo-piloto, agenda de visitas de campo, Parte I.....  | 621 |
| Figura456: Estudo-piloto, agenda de visitas de campo, Parte II.....   | 622 |
| Figura457: Questionário, parte I.....   | 623 |
| Figura458: Questionário, parte II .....   | 623 |
| Figura459: Questionário, parte III.....   | 624 |
| Figura460: Questionário, parte IV.....  | 624 |
| Figura461: Questionário, parte V.....   | 625 |
| Figura462: Questionário, parte VI.....  | 625 |
| Figura463: Questionário, parte VII .....  | 626 |
| Figura464: Questionário, parte VIII (pesquisador).....  | 626 |
| Figura465: Questionário, parte IX.....  | 627 |
| Figura466: Questionário, parte X.....   | 627 |
| Figura467: Questionário, parte XI.....  | 628 |
| Figura468: Questionário, parte XII .....  | 628 |
| Figura469: Excerto do PGRS da obra objeto de estudo-piloto, Parte I.....  | 634 |
| Figura470: Excerto do PGRS da obra objeto de estudo-piloto, Parte II.....   | 635 |
| Figura471: Excerto do PGRS da obra objeto de estudo-piloto, Parte III.....  | 635 |
| Figura472: Exemplo de ficha do tipo CTR usada na obra objeto de estudo-piloto – resíduos de gesso.....                      | 636 |
| Figura473: Exemplo de ficha do tipo CTR usada na obra objeto de estudo-piloto – resíduos classe A.....                      | 636 |
| Figura474: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra objeto de estudo-piloto, exemplo 1..... | 637 |
| Figura475: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra objeto de estudo-piloto, exemplo 2..... | 637 |
| Figura476: Projeto de canteiro da obra objeto de estudo-piloto.....   | 638 |
| Figura477: Preenchimento de matriz nível 2 – classes de critérios, decisor 1.....   | 651 |
| Figura478: Preenchimento de matriz nível 2 – classes de critérios, decisor 2.....   | 651 |
| Figura479: Preenchimento de matriz nível 2 – classes de critérios, decisor 3.....   | 651 |
| Figura480: Preenchimento de matriz nível 2 – classes de critérios, decisor 4.....   | 651 |
| Figura481: Preenchimento de matriz nível 2 – classes de critérios, decisor 5.....   | 652 |
| Figura482: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 1.....  | 652 |
| Figura483: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 1.....                                     | 652 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura484: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 1.....            | 652 |
| Figura485: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 1.....       | 653 |
| Figura486: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 1.....       | 653 |
| Figura487: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 1.....         | 654 |
| Figura488: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 2.....         | 654 |
| Figura489: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 2.....      | 655 |
| Figura490: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 2.....            | 655 |
| Figura491: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 2 .....      | 655 |
| Figura492: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 2.....       | 656 |
| Figura493: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 2.....         | 656 |
| Figura494: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 3.....         | 657 |
| Figura495: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 3.....      | 657 |
| Figura496: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 3.....            | 657 |
| Figura497: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 3.....       | 658 |
| Figura498: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 3.....       | 658 |
| Figura499: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 3.....         | 659 |
| Figura500: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 4.....         | 659 |
| Figura501: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 4.....      | 660 |
| Figura502: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 4.....            | 660 |
| Figura503: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 4.....       | 660 |
| Figura504: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 4.....       | 661 |
| Figura505: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 4.....         | 661 |
| Figura506: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 5.....         | 662 |
| Figura507: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 5.....      | 662 |
| Figura508: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 5.....            | 662 |
| Figura509: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 5.....       | 663 |
| Figura510: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 5.....       | 663 |
| Figura511: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 5.....         | 664 |
| Figura512: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), especialista 1.....    | 664 |
| Figura513: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, especialista 1.....    | 665 |
| Figura514: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, especialista 1.....       | 665 |
| Figura515: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, especialista 1..... | 665 |
| Figura516: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, especialista 1.....  | 666 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura517: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, especialista 1.....  | 666 |
| Figura518: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, especialista 1.....    | 667 |
| Figura519: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), especialista 2.....    | 667 |
| Figura520: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, especialista 2.....    | 668 |
| Figura521: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, especialista 2.....       | 668 |
| Figura522: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, especialista 2..... | 668 |
| Figura523: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, especialista 2.....  | 669 |
| Figura524: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, especialista 2.....  | 669 |
| Figura525: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, especialista 2.....    | 670 |
| Figura526: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), especialista 3.....    | 670 |
| Figura527: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, especialista 3.....    | 671 |
| Figura528: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, especialista 3.....       | 671 |
| Figura529: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, especialista 3..... | 671 |
| Figura530: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, especialista 3.....  | 672 |
| Figura531: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, especialista 3.....  | 672 |
| Figura532: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, especialista 3.....    | 673 |
| Figura533: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), especialista 4.....    | 673 |
| Figura534: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, especialista 4.....    | 674 |
| Figura535: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, especialista 4.....       | 674 |
| Figura536: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, especialista 4..... | 674 |
| Figura537: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, especialista 4.....  | 675 |
| Figura538: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, especialista 4.....  | 675 |
| Figura539: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, especialista 4.....    | 676 |
| Figura540: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), especialista 5.....    | 676 |
| Figura541: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, especialista 5.....    | 677 |
| Figura542: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, especialista 5.....       | 677 |
| Figura543: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, especialista 5..... | 677 |
| Figura544: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, especialista 5.....  | 678 |
| Figura545: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, especialista 5.....  | 678 |
| Figura546: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, especialista 5.....    | 679 |
| Figura547: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), especialista 6.....    | 679 |
| Figura548: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, especialista 6.....    | 680 |
| Figura549: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, especialista 6.....       | 680 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura550: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, especialista 6..... | 680 |
| Figura551: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, especialista 6.....  | 681 |
| Figura552: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, especialista 6.....  | 681 |
| Figura553: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, especialista 6.....    | 682 |
| Figura554: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), decisor 6.....         | 707 |
| Figura555: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 6.....         | 707 |
| Figura556: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 6.....            | 708 |
| Figura557: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 6.....      | 708 |
| Figura558: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 6.....       | 708 |
| Figura559: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 6.....       | 709 |
| Figura560: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 6.....         | 709 |
| Figura561: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), decisor 7.....         | 710 |
| Figura562: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 7.....         | 710 |
| Figura563: Figura556: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 7....  | 710 |
| Figura564: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 7.....      | 710 |
| Figura565: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 7.....       | 711 |
| Figura566: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 7.....       | 711 |
| Figura567: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 7.....         | 712 |
| Figura568: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), decisor 8.....         | 712 |
| Figura569: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 8.....         | 712 |
| Figura570: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 8.....            | 713 |
| Figura571: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 8.....      | 713 |
| Figura572: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 8.....       | 713 |
| Figura573: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 8.....       | 714 |
| Figura574: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 8.....         | 714 |
| Figura575: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), decisor 9.....         | 715 |
| Figura576: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 9.....         | 715 |
| Figura577: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 9.....            | 715 |
| Figura578: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 9.....      | 715 |
| Figura579: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 9.....       | 716 |
| Figura580: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 9.....       | 716 |
| Figura581: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios econômicos, decisor 9.....         | 717 |
| Figura582: Preenchimento de matriz de nível 2 (classes de critérios), decisor 10.....        | 717 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura583: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios ambientais, decisor 10.....                          | 717 |
| Figura584: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios sociais, decisor 10.....                             | 718 |
| Figura585: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios de legislação, decisor 10.....                       | 718 |
| Figura586: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios estratégicos, decisor 10.....                        | 718 |
| Figura587: Preenchimento de matriz nível 3 – subcritérios operacionais, decisor 10.....                        | 719 |
| Figura588: Preenchimento de matriz nível 3– subcritérios econômicos, decisor 10.....                           | 719 |
| Figura589: Previsão quantitativa de geração de resíduos na construção da obra 1.....                           | 720 |
| Figura590: Estimativa de geração de resíduos por fase da obra 1.....   | 720 |
| Figura591: Matriz de responsabilidades dos colaboradores da obra 1 no que refere ao gerenciamento dos RCC..... | 721 |
| Figura592: Organograma da equipe técnica responsável pelo gerenciamento dos RCC na obra 1.....                 | 722 |
| Figura593: Metas e Diretrizes do gerenciamento de RCC estipuladas pelo PGRCC da obra 1.....                    | 722 |
| Figura594: Ações para minimizar a geração de RCC propostas no PGRCC da obra 1.....                             | 723 |
| Figura595: Modo de segregação dos RCC por classes e tipos, proposto pelo PGRCC da obra 1.....                  | 723 |
| Figura596: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 1.....          | 724 |
| Figura597: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 2.....          | 724 |
| Figura598: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 3.....          | 725 |
| Figura599: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 4.....          | 725 |
| Figura600: Partes fundamentais do layout do projeto de canteiro da obra 1.....                                 | 727 |
| Figura601: Cronograma de execução do PGRCC da obra 1.....  | 737 |
| Figura602: Zona mal iluminada em caixa de escadas da obra 1, junto ao poço do elevador.....                    | 739 |
| Figura603: Uso apenas de fita sinalizadora, como proteção anti-quedas, na execução de laje.....                | 739 |
| Figura604: Questionário da obra 1, parte I de X.....   | 740 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura605: Questionário da obra 1, parte II de X.....  | 740 |
| Figura606: Questionário da obra 1, parte III de X .....  | 741 |
| Figura607: Questionário da obra 1, parte IV de X.....  | 741 |
| Figura608: Questionário da obra 1, parte V de X.....   | 742 |
| Figura609: Questionário da obra 1, parte VI de X.....  | 742 |
| Figura610: Questionário da obra 1, parte VII de X.....   | 743 |
| Figura611: Questionário da obra 1, parte VIII de X.....  | 743 |
| Figura612: Questionário da obra 1, parte IX de X.....  | 744 |
| Figura613: Questionário da obra 1, parte X de X.....   | 744 |
| Figura614: Matriz de decisão do nível 4, combinações de ações sobre os RCC, preenchida com os valores dos decisores 11 e 12..... | 759 |
| Figura615: Quadro e legenda de referência para construir as designações das combinações de ações.....                            | 759 |
| Figura616: Previsão quantitativa de geração de resíduos na construção da obra 2.....   | 760 |
| Figura617: Estimativa de geração de resíduos por fase da obra 2.....   | 760 |
| Figura618: Estratégias e ações para se conseguirem cumprir as metas e diretrizes do PGRCC da obra 2.....                         | 761 |
| Figura619: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 2, exemplo 1.....                            | 762 |
| Figura620: Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 2, exemplo 2.....                            | 763 |
| Figura621: Planta de implantação da obra 2.....  | 764 |
| Figura622: Questionário da obra 2, parte I de X.....   | 796 |
| Figura623: Questionário da obra 2, parte II de X.....  | 797 |
| Figura624: Questionário da obra 2, parte III de X.....   | 797 |
| Figura625: Questionário da obra 2, parte IV de X.....  | 798 |
| Figura626: Questionário da obra 2, parte V de X.....   | 798 |
| Figura627: Questionário da obra 2, parte VI de X.....  | 799 |
| Figura628: Questionário da obra 2, parte VII de X.....   | 799 |
| Figura629: Questionário da obra 2, parte VIII de X.....  | 800 |
| Figura630: Questionário da obra 2, parte IX de X.....  | 800 |
| Figura631: Questionário da obra 2, parte X de X.....   | 801 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura632: Projeto com diferentes conformações - A1: forma quadrada, A2: forma retangular<br>.....   | 803 |
| Figura633: Variação do custo de construção em função do índice de compacidade do edifício<br>.....   | 803 |
| Figura634: Fórmula para cálculo do índice econômico de compacidade e significado de cada<br>uma das respectivas variáveis.....   | 805 |
| Figura635: Fórmula para cálculo do perímetro econômico de projeto, PeP.....  | 805 |
| Figura636: Identificação das obras acompanhadas em Novo-Hamburgo-RS no estudo-piloto<br>.....  | 810 |
| Figura637: Descrição das empresas participantes no estudo-piloto.....  | 810 |
| Figura638: Percentual de participação das empresas em termos do total de obras, na amostra<br>.....  | 812 |
| Figura639: Descrição das empresas participantes do levantamento de dados.....  | 812 |
| Figura640: Identificação das obras que compõem a amostra da pesquisa.....  | 813 |
| Figura641: Esquema de compensação por acréscimo de pavimentos.....   | 815 |
| Figura642: Modelo matemático empírico “tipo”, que estime a geração de RCC em edifícios<br>verticais, a que se pretende chegar.....   | 816 |
| Figura643: Volume de resíduos gerados nas 20 obras da amostra completa.....  | 818 |
| Figura644: Variáveis independentes relacionadas ao projeto arquitetônico (quantitativas), para<br>as 20 obras da amostra completa.....   | 819 |
| Figura645: Variáveis independentes relacionadas ao sistema de produção (qualitativas), para<br>as 20 obras da amostra completa.....  | 820 |
| Figura646: Estatística descritiva da amostra completa de 20 obras.....   | 822 |
| Figura647: Teste de normalidade da variável dependente Y.....  | 823 |
| Figura648: Gráfico box-plot da variável dependente-volume de resíduos gerados nas 20 obras<br>.....  | 824 |
| Figura649: Ordenação crescente dos valores da variável dependente Y (valores de resíduos<br>gerados na amostra completa de 20 obras da pesquisa da autora).....  | 825 |
| Figura650: Cálculo da probabilidade acumulada observada, média, desvio-padrão da amostra<br>aleatória completa, e probabilidade acumulada esperada caso a amostra siga uma<br>distribuição normal..... | 825 |
| Figura651: Cálculo da probabilidade acumulada observada versus probabilidade acumulada<br>esperada caso a amostra siga uma distribuição normal, ainda por aperfeiçoar.....                             | 826 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura652: Cálculo da probabilidade acumulada observada versus probabilidade acumulada esperada caso a amostra siga uma distribuição normal, completa.....                | 826 |
| Figura653: Informação de partida para construção dos gráficos de dispersão de cada uma das variáveis independentes em relação à variável dependente Y.....                | 828 |
| Figura654: Dispersão do número de pavimentos (variável X) versus o volume total de resíduos gerados (variável Y).....   | 828 |
| Figura655: Modelo de previsão do Volume total de Resíduos Gerados, em função do número de pavimentos.....   | 829 |
| Figura656: Dispersão da relação [ (número de pavimentos-tipo)/número total de pavimentos] – (variável X), versus o volume total de resíduos gerados (variável Y).....     | 829 |
| Figura657: Modelo de previsão do Volume Total de Resíduos Gerados, em função do valor da relação (número de pavimentos-tipo)/(número total de pavimentos).....            | 830 |
| Figura658: Dispersão da variável independente número de pavimentos – (variável X) versus a relação [Geração de resíduos / Área construída] – (variável dependente Y)..... | 830 |
| Figura659: Modelo de previsão dos resíduos gerados por unidade de área construída, em função do número de pavimentos.....   | 831 |
| Figura660: Dispersão do Índice Econômico de Compacidade (variável X) versus o volume total de resíduos gerados (variável Y).....  | 831 |
| Figura661: Modelo de previsão do volume total de resíduos gerados (variável Y), em função do valor do Índice Econômico de Compacidade, IeC (variável X).....              | 832 |
| Figura662: Dispersão da densidade de paredes internas (variável X) versus o volume total de resíduos gerados (variável Y).....  | 832 |
| Figura663: Modelo de previsão do volume total de resíduos gerados (variável Y), em função do valor de densidade de paredes internas (variável X).....                     | 833 |
| Figura664: Dispersão da Área Total Construída (variável X) versus o volume total de resíduos gerados (variável Y).....  | 833 |
| Figura665: Modelo de previsão do Volume total de resíduos gerados (variável Y), em função do valor da Área total construída (variável X).....                             | 834 |
| Figura666: Dispersão da Área do pavimento-tipo (variável X) versus o volume total de resíduos gerados (variável Y).....   | 834 |
| Figura667: Modelo de previsão do Volume total de resíduos gerados (variável Y), em função do valor da Área do pavimento-tipo (variável X).....                            | 835 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura668: Dispersão da Área total construída (variável X) versus o Índice de geração de resíduos por unidade de área construída (variável Y).....                             | 835 |
| Figura669: Modelo de previsão do Índice de geração de resíduos por unidade de área construída (variável Y), em função do valor da Área total construída (variável X).....      | 836 |
| Figura670: Dispersão do Número de pavimentos-tipo (variável X) versus o Índice de geração de resíduos por unidade de área construída.....                                      | 836 |
| Figura671: Modelo de previsão do Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída (variável Y), em função do valor do Número de Pavimentos-tipo (variável X) ..... | 837 |
| Figura672: Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes Xi) para a regressão linear correspondente ao modelo 1.....                                       | 838 |
| Figura673: Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em excel referente ao modelo 1, que inclui todas as variáveis independentes consideradas no estudo .....     | 838 |
| Figura674: Resumo-síntese de resultados apresentados por Dias, M.F., para a regressão linear múltipla correspondente ao modelo 1.....  | 838 |
| Figura675: Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em excel feita pelo pesquisador para o modelo 1.....   | 838 |
| Figura676: Coeficiente do modelo 1.....  | 841 |
| Figura677: Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes Xi) para a regressão linear correspondente ao Modelo 2.....                                       | 841 |
| Figura678: Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em Excel referente ao Modelo 2.....  | 842 |
| Figura679: Resumo-síntese de resultados apresentado pela autora, para a regressão linear múltipla correspondente ao Modelo 2.....  | 843 |
| Figura680: Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em excel feita pelo pesquisador para o Modelo 2.....   | 843 |
| Figura681: Coeficientes do Modelo 2 obtidos pela autora.....   | 844 |
| Figura682: Coeficientes do Modelo 2 obtidos por recálculos.....  | 844 |
| Figura683: Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes Xi) para a regressão linear correspondente ao modelo 3.....                                       | 845 |
| Figura684: Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em excel referente ao Modelo 3.....  | 845 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura685: Resumo-síntese de resultados apresentado pela autora, para a regressão linear múltipla correspondente ao Modelo 3.....   | 846 |
| Figura686: Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em excel, para o Modelo 3.....  | 846 |
| Figura687: Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes Xi) para a regressão linear correspondente ao Modelo 3 segundo as variáveis eliminadas pela autora ..... | 847 |
| Figura688: Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em excel referente ao modelo 3 segundo as variáveis eliminadas pela autora.....                                     | 848 |
| Figura689: Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em excel feita pelo pesquisador e equivalente ao modelo 3 da autora.....                                    | 849 |
| Figura690: Coeficientes do modelo 3 obtidos pela autora.....  | 850 |
| Figura691: Coeficientes do modelo 3 equivalente ao da autora, obtidos por recálculo.....  | 850 |
| Figura692: Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes Xi) para a regressão linear correspondentes ao modelo 4.....   | 851 |
| Figura693: Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em excel referente ao modelo 4, obtido por recálculos .....   | 851 |
| Figura694: Resumo-síntese de resultados obtido pela autora para o modelo 4.....   | 852 |
| Figura695: Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em excel efetuada por recálculos, e para o Modelo 4.....  | 852 |
| Figura696: Coeficientes do Modelo 4 obtidos pela autora.....  | 852 |
| Figura697: Coeficientes do modelo 4 equivalente ao da autora, obtidos por recálculos.....   | 853 |
| Figura698: Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes Xi) para a regressão linear correspondente ao Modelo 5.....  | 853 |
| Figura699: Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em excel referente ao modelo 5, obtida por recálculos.....  | 854 |
| Figura700: Resumo-síntese de resultados obtido pela autora para o Modelo 5.....   | 855 |
| Figura701: Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em excel efetuada por recálculos, e para o Modelo 5.....  | 855 |
| Figura702: Coeficientes do modelo 5 obtidos pela autora.....  | 855 |
| Figura703: Coeficientes do modelo 5 equivalente ao da autora, obtidos por recálculos.....   | 855 |
| Figura704: Dados iniciais para aplicação de teste de normalidade aos resíduos de regressão .....  | 857 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura705: Resíduos de regressão studentizados.....   | 860 |
| Figura706: Resíduos de regressão studentizados e respectivas média e variância.....   | 861 |
| Figura707: Resultados de teste de normalidade dos resíduos de regressão.....  | 862 |
| Figura708: Ordenação crescente de resíduos, frequências absoluta e absoluta acumulada de cada valor e respectiva frequência relativa acumulada.....   | 863 |
| Figura709: Resumo dos primeiros 7 passos para se chegar à construção do gráfico Q-Qplot dos resíduos studentizados.....   | 864 |
| Figura710: Resumo dos primeiros 9 passos para se chegar à construção do gráfico Q-Qplot dos resíduos studentizados.....   | 865 |
| Figura711: Gráfico Q-Qplot para os resíduos de regressão studentizados estimativa.....  | 865 |
| Figura712: Dados de partida para construção de gráfico de dispersão dos resíduos previstos pelo método adotado em relação aos resíduos de regressão studentizados.....  | 866 |
| Figura713: Gráfico de dispersão dos resultados previstos pelo modelo (variável Y) em relação aos resíduos de regressão studentizados.....   | 866 |
| Figura714: Dados de partida para construção de gráfico de dispersão da variável independente de projeto Área Total Construída em relação aos resíduos de regressão studentizados.....   | 867 |
| Figura715: Gráfico de dispersão da Área Total Construída (variável X de projeto) em relação aos resíduos de regressão studentizados.....  | 868 |
| Figura716: Dados de partida para construção de gráfico de dispersão da variável independente de projeto Relação Tipo/Total em relação aos resíduos de regressão studentizados.....  | 868 |
| Figura717: Gráfico de dispersão da relação Tipo/Total (variável X de projeto) em relação aos resíduos de regressão studentizados.....   | 869 |
| Figura718: Dados de partida para construção de gráfico de dispersão da variável independente de projeto Índice Econômico de Compacidade, IeC, em relação aos resíduos de regressão studentizados.....   | 869 |
| Figura719: Gráfico de dispersão do Índice Econômico de Compacidade, IeC (variável independente X de projeto) em relação aos resíduos de regressão studentizados.....  | 870 |
| Figura720: Comparativo entre os resultados obtidos de geração de resíduos pelo modelo proposto, com o volume de resíduos informado pelas empresas, e pelos indicadores de estimativa propostos por Pinto (1999); Mália et al (2011) e Saez et al..... | 871 |
| Figura721: Comparativo entre os resultados obtidos de geração de resíduos pelo modelo proposto, a partir de recálculos, com o volume de resíduos informado pelas empresas, e  |     |

|   |     |
|---|-----|
| pelos indicadores de estimativa propostos por Pinto (1999); Mália et al (2011); e Saez et al (2012).....  | 872 |
| Figura722: Dados relativos à variável dependente e variáveis independentes, na geração de resíduos para uma amostra de 20 obras já terminadas da construtora X..... | 874 |
| Figura723: Estatística descritiva de amostra de 20 obras da empresa X.....  | 875 |
| Figura724: Valores para os coeficientes $a_{i,n}$ , de acordo com as tabelas de Shapiro-Wilk....  | 877 |
| Figura725: Valores dos resíduos gerados na amostra de 20 obras, ordenados crescentemente .....  | 877 |
| Figura726: Tabela de Shapiro-Wilk, de quartis e probabilidades.....   | 878 |
| Figura727: Valores dos resíduos gerados na amostra de 20 obras, ordenados crescentemente .....  | 879 |
| Figura728: Gráfico box-plot da variável dependente – volume de resíduos esperados.....  | 880 |
| Figura729: Gráfico de probabilidade normal Q-qplot para o volume total de resíduos gerados em obra.....   | 881 |
| Figura730: Gráfico número total de pavimentos.....  | 882 |
| Figura731: Gráfico da variável Número total de Pavimentos-tipo/ Número Total de Pavimentos.....   | 882 |
| Figura732: Gráfico da variável Índice Econômico de Compacidade (IeC).....   | 882 |
| Figura733: Gráfico da variável Densidade de Paredes Internas.....   | 883 |
| Figura734: Gráfico da variável Área Total Construída.....   | 883 |
| Figura735: Gráfico da variável Área do Pavimento-tipo.....  | 884 |
| Figura736: Soma, média e desvio em relação à média, para as variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos.....                                       | 885 |
| Figura737: Covariação e covariância, entre as variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos.....   | 886 |
| Figura738: Variância das variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos .....   | 887 |
| Figura739: Desvios-padrões de Área Total Construída e Número Total de Pavimentos, e respectivo produto.....   | 888 |
| Figura740: Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos.....   | 888 |
| Figura741: Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo.....                         | 889 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura742: Correlação de Pearson no Excel, entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo – Parte I de III.....  | 889 |
| Figura743: Correlação de Pearson no Excel, entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo – Parte II de III.....   | 890 |
| Figura744: Correlação de Pearson no Excel, entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo – Parte III de III.....  | 890 |
| Figura745: Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e razão Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos... | 891 |
| Figura746: Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e razão Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos.....                                   | 891 |
| Figura747: Dados iniciais para determinação da correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Índice Econômico de Compacidade, IeC.....                     | 892 |
| Figura748: Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Índice Econômico de Compacidade, IeC.....   | 892 |
| Figura749: Dados iniciais para determinação da correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Densidade de Paredes Internas.....                            | 893 |
| Figura750: Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Densidade de Paredes Internas.....  | 893 |
| Figura751: Dados iniciais para determinação da correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Organização do Canteiro.....                                  | 894 |
| Figura752: Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Organização do Canteiro.....  | 894 |
| Figura753: Dados iniciais para determinação da correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Sistema Produtivo.....  | 895 |
| Figura754: Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Sistema Produtivo.....  | 895 |
| Figura755: Dados iniciais para determinação da correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Reaproveitamento de Resíduos em Obra.....                     | 896 |
| Figura756: Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Reaproveitamento de Resíduos em Obra.....   | 896 |
| Figura757: Correlação de Pearson entre as variáveis Número Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo.....  | 897 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura758: Correlação de Pearson entre as variáveis Número Total de Pavimentos e Índice Econômico de Compacidade.....                                      | 897 |
| Figura759: Correlação de Pearson entre as variáveis Número Total de Pavimentos e razão Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos.....           | 898 |
| Figura760: Correlação de Pearson entre as variáveis Número Total de Pavimentos e Densidade de Paredes Internas.....  | 898 |
| Figura761: Correlação de Pearson entre as variáveis Número Total de Pavimentos e Organização do Canteiro.....  | 899 |
| Figura762: Correlação de Pearson entre as variáveis Número Total de Pavimentos e Sistema Produtivo.....  | 899 |
| Figura763: Correlação de Pearson entre as variáveis Número Total de Pavimentos e Reaproveitamento de Resíduos em Obra.....                                 | 900 |
| Figura764: Correlação de Pearson entre Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo.....                                  | 900 |
| Figura765: Correlação de Pearson entre Área do Pavimento-tipo e Índice Econômico de Compacidade.....   | 901 |
| Figura766: Correlação de Pearson entre Área do Pavimento-tipo e Densidade de Paredes Internas.....   | 901 |
| Figura767: Correlação de Pearson entre Área do Pavimento-tipo e Organização do Canteiro .....  | 902 |
| Figura768: Correlação de Pearson entre Área do Pavimento-tipo e Sistema Produtivo.....   | 902 |
| Figura769: Correlação de Pearson entre Área do Pavimento-tipo e Reaproveitamento de Resíduos em obra.....  | 903 |
| Figura770: Correlação de Pearson entre razão Número de Pavimentos-tipo/Número total de Pavimentos e Índice Econômico de Compacidade.....                   | 903 |
| Figura771: Correlação de Pearson entre as variáveis razão Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos e Organização do Canteiro.....              | 904 |
| Figura772: Correlação de Pearson entre as variáveis razão Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos e Organização do Canteiro.....              | 904 |
| Figura773: Correlação de Pearson entre as variáveis razão Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos e Sistema Produtivo.....                    | 905 |
| Figura774: Correlação de Pearson entre as variáveis razão Número de Pavimentos-tipo/Número Total de Pavimentos e Reaproveitamento de Resíduos em Obra..... | 905 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura775: Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Densidade de Paredes Internas.....        | 906 |
| Figura776: Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Organização do canteiro.....              | 906 |
| Figura777: Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Sistema Produtivo.....                    | 907 |
| Figura778: Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Reaproveitamento de Resíduos em Obra..... | 907 |
| Figura779: Correlação de Pearson entre as variáveis Densidade de Paredes Internas e Organização do Canteiro.....                | 908 |
| Figura780: Correlação de Pearson entre as variáveis Densidade de Paredes Internas e Sistema Produtivo.....                      | 908 |
| Figura781: Correlação de Pearson entre as variáveis Densidade de Paredes Internas e Reaproveitamento de Resíduos em Obra.....   | 909 |
| Figura782: Correlação de Pearson entre as variáveis Organização do Canteiro e Sistema Produtivo.....                            | 909 |
| Figura783: Correlação de Pearson entre as variáveis Organização do Canteiro e Reaproveitamento de Resíduos em Obra.....         | 910 |
| Figura784: Correlação de Pearson entre as variáveis Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos em obra.....               | 910 |
| Figura785: Tipos de correlações.....  | 911 |
| Figura786: Matriz dos valores de correlações entre as variáveis independentes consideradas .....                                | 911 |
| Figura787: Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 1.....  | 912 |
| Figura788: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao modelo 1.....   | 913 |
| Figura789: Excel, variáveis significativas, Modelo 1.....   | 914 |
| Figura790: Modelo 1, síntese de resultados, Parte I de II.....  | 914 |
| Figura791: Modelo 1, síntese de resultados, Parte II de II.....   | 914 |
| Figura792: Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 2.....  | 915 |
| Figura793: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao modelo 2.....   | 916 |
| Figura794: Excel, variáveis significativas, Modelo 2.....   | 917 |
| Figura795: Modelo 2, síntese de resultados, parte I de II.....  | 917 |
| Figura796: Modelo 2, síntese de resultados, parte II de II.....   | 917 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura797: Dados de partida para a regressão linear múltipla relativa ao modelo 3.....              | 918 |
| Figura798: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao modelo 3.....                 | 918 |
| Figura799: Excel, variáveis significativas, Modelo 3.....   | 920 |
| Figura800: Modelo 3, síntese de resultados, parte I de II.....                                      | 920 |
| Figura801: Modelo 3, síntese de resultados, parte II de II.....                                     | 920 |
| Figura802: Dados de partida para a regressão linear múltipla relativa ao Modelo 4.....              | 920 |
| Figura803: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 4.....                 | 921 |
| Figura804: Excel, variáveis significativas, Modelo 4.....   | 922 |
| Figura805: Modelo 4, síntese de resultados, parte I de II.....                                      | 922 |
| Figura806: Modelo 4, síntese de resultados, parte II de II.....                                     | 922 |
| Figura807: Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 5.....                | 923 |
| Figura808: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao modelo 5.....                 | 924 |
| Figura809: Excel, variáveis significativas, Modelo 5.....   | 925 |
| Figura810: Modelo 5, síntese de resultados, parte I de II.....                                      | 925 |
| Figura811: Modelo 5, síntese de resultados, parte II de II.....                                     | 925 |
| Figura812: Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 6.....                | 926 |
| Figura813: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao modelo 6.....                 | 926 |
| Figura814: Excel, variáveis significativas, Modelo 6.....   | 927 |
| Figura815: Modelo 6, síntese de resultados, parte I de II.....                                      | 927 |
| Figura816: Modelo 6, síntese de resultados, parte II de II.....                                     | 928 |
| Figura817: Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 7.....                | 928 |
| Figura818: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao modelo 7.....                 | 929 |
| Figura819: Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao modelo 7.....                 | 930 |
| Figura820: Modelo 7, síntese de resultados, parte I de II.....                                      | 930 |
| Figura821: Modelo 7, síntese de resultados, parte II de II.....                                     | 930 |
| Figura822: Resíduos de regressão não padronizados.....  | 931 |
| Figura823: Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte I de IV<br>.....  | 932 |
| Figura824: Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte II de IV<br>..... | 933 |
| Figura825: Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte III de<br>IV..... | 934 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura826: Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte IV de IV<br>.....  | 935 |
| Figura827: Resíduos de regressão estudentizados.....   | 936 |
| Figura828: Teste de normalidade aos resíduos da regressão estudentizados.....  | 937 |
| Figura829: Gráfico de valores de RCC gerados previstos pelo modelo versus resíduos estudentizados.....   | 939 |
| Figura830: Gráfico de Área Total Construída <i>versus</i> resíduos estudentizados.....   | 939 |
| Figura831: Gráfico Número Total de Pavimentos <i>versus</i> Resíduos Estudentizados.....   | 940 |
| Figura832: Gráfico Área do Pavimento-tipo <i>versus</i> Resíduos estudentizados.....   | 940 |
| Figura833: Comparativo entre estimativas de geração de resíduos.....   | 941 |
| Figura834: Matriz de decisão do nível 2, preenchida com as médias dos elementos do nível 2 de 7 especialistas e dos decisores 6, 7, 8, e 9.....  | 942 |
| Figura835: Matriz de decisão do nível 3, critérios ambientais, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios ambientais, de 7 especialistas e dos decisores 6, 7, 8, e 9<br>.....     | 942 |
| Figura836: Matriz de decisão do nível 3, critérios sociais, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios sociais, de 7 especialistas e dos decisores 6, 7, 8, e 9.....               | 943 |
| Figura837: Matriz de decisão do nível 3, critérios de legislação, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios de legislação, de 7 especialistas e dos decisores 6, 7, 8 e 9.....    | 943 |
| Figura838: Matriz de decisão do nível 3, critérios operacionais, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios operacionais, de 7 especialistas e dos decisores 6, 7, 8, e 9<br>..... | 943 |
| Figura839: Matriz de decisão do nível 3, critérios estratégicos, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios estratégicos, de 7 especialistas e dos decisores 6, 7, 8, e 9<br>..... | 944 |
| Figura840: Matriz de decisão do nível 3, critérios econômicos, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios econômicos, de 7 especialistas e dos decisores 6, 7, 8, e 9.....         | 944 |
| Figura841: Matriz de decisão do nível 4, combinações de ações sobre os RCC, preenchida com os valores dos decisores 11 e 12.....   | 945 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura842: Quadro e legenda de referência para construir as designações das combinações de ações.....   | 945 |
| Figura843: Matriz normalizada do nível 2, para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....  | 946 |
| Figura844: Vetores [W], [C] e [D] para o nível 2, para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....  | 946 |
| Figura845: Valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 2, e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....   | 946 |
| Figura846: Matriz normalizada, vetores [W], [C] e [D] e valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 3, critérios ambientais, e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....              | 947 |
| Figura847: Matriz normalizada, vetores [W], [C] e [D] e valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 3, critérios de legislação, e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....           | 947 |
| Figura848: Matriz normalizada, vetores [W], [C] e [D] e valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 3, critérios sociais, e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....                 | 947 |
| Figura849: Matriz normalizada para o nível 3, classe de critérios operacionais, e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....  | 948 |
| Figura850: Vetores [W], [C] e [D] e valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 3, classe de critérios operacionais, e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....                      | 948 |
| Figura851: Matriz normalizada para o nível 3, classe de critérios estratégicos (corrigir no programa), e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....   | 948 |
| Figura852: Vetores [W], [C] e [D] e valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 3, classe de critérios estratégicos, e para exemplo de aplicação do AHP á obra 1.....                      | 949 |
| Figura853: Matriz normalizada para o nível 3, classe de critérios econômicos (corrigir no programa), e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1.....   | 949 |
| Figura854: Vetores [W], [C] e [D] e valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 3, classe de critérios econômicos (corrigir no programa), e para exemplo de aplicação do AHP á obra 1..... | 949 |
| Figura855: Matriz de decisão do nível 4, preenchida com os valores atribuídos em conjunto pelos decisores 11 e 12, e por aplicação do Pdecisao.....   | 955 |
| Figura856: Matriz de decisão normalizada do nível 4, com os valores devolvidos pelo Pdecisao.....   | 956 |
| Figura857: Vetores [W], [C] e [D] e valores de $\lambda_{\text{máx}}$ , $I_c$ e $C_r$ para o nível 4, combinações de ações, e devolvidos pelo Pdecisao.....   | 956 |
| Figura858: Interface gráfica do PEQ.....  | 957 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura859: Dados de entrada para o PEQ, parte I de IV.....      | 959 |
| Figura860: Dados de entrada para o PEQ, parte II de IV.....     | 959 |
| Figura861: Dados de entrada para o PEQ, parte III de IV.....    | 960 |
| Figura862: Dados de entrada para o PEQ, parte IV de IV.....     | 960 |
| Figura863: Resultados fornecidos pelo PEQ, parte I de IV.....   | 961 |
| Figura864: Resultados fornecidos pelo PEQ, parte II de IV.....  | 961 |
| Figura865: Resultados fornecidos pelo PEQ, parte III de IV..... | 962 |
| Figura866: Resultados fornecidos pelo PEQ, parte IV de IV.....  | 962 |

LISTA DE FOTOS

|   |     |
|---|-----|
| Foto 1 – (esqu.): Cimentícios e cerâmicos (classe A), segregação/triagem inicial (pesquisador) .....  | 631 |
| Foto 2 – (centro): Cimentícios e cerâmicos (classe A), transporte horizontal nos pavimentos (pesquisador) .....                                       | 631 |
| Foto 3 – (dir.): Cimentícios e cerâmicos (classe A), acondicionamento nos pavimentos (pesquisador) .....  | 631 |
| Foto 4 – (esqu.): Cimentícios e cerâmicos (classe A), transporte vertical para o térreo (pesquisador) .....   | 632 |
| Foto 5 – (centro): Cimentícios e cerâmicos (classe A), transporte horizontal e armazenamento final no térreo (pesquisador) .....                      | 632 |
| Foto 6 – (dir.): Cimentícios e cerâmicos (classe A), remoção e transporte para fora do canteiro (pesquisador) .....                                   | 632 |
| Foto 7 – (esqu.): Gesso (classe B), segregação/triagem inicial; (pesquisador) .....   | 632 |
| Foto 8 – (centro): Gesso (classe B), acondicionamento inicial nos pavimentos (pesquisador) .....  | 632 |
| Foto 9 – (dir.): Gesso (classe B), transporte horizontal nos pavimentos (pesquisador) .....   | 632 |
| Foto 10 – (esqu.): Gesso (classe B), acondicionamento intermediário (pesquisador) .....   | 633 |
| Foto 11 – (centro): Gesso (classe B), instante do transporte vertical para o térreo (pesquisador) .....   | 633 |
| Foto 12 – (dir.): Gesso (classe B), transporte horizontal no térreo; (pesquisador) .....  | 633 |
| Foto 13 – Gesso (classe B), armazenamento final no térreo (pesquisador) .....   | 633 |
| Foto 14 – (esqu.): Madeira grossa (classe B), triagem/segregação inicial (pesquisador) .....  | 634 |
| Foto 15 – (dir.): Madeira grossa (classe B), armazenamento final no térreo (pesquisador) .....  | 634 |
| Foto 16 – Madeira grossa (classe B), instante de remoção e transporte para fora do canteiro (pesquisador) .....                                       | 634 |
| Foto 17 – (esqu.): Metais (classe B), triagem/segregação inicial (pesquisador) .....  | 634 |
| Foto 18 – (dir.): Metais (classe B), armazenamento final no térreo (pesquisador) .....  | 634 |
| Foto 19 – Papeis e papelões (classe B), armazenamento final no piso térreo (pesquisador) .....  | 635 |
| Foto 20 – (esqu.): Materiais plásticos (classe B), acondicionamento intermediário nos pavimentos (contaminados com pontas de aço) (pesquisador) ..... | 635 |
| Foto 21 – (dir.): Materiais plásticos (classe B), armazenamento final no térreo, contaminados com materiais de outros tipos (pesquisador) .....       | 635 |

|  |     |
|--|-----|
| Foto 22 – (esqu.): Lixeiras colocadas em pleno local dos trabalhos (pesquisador).....  | 640 |
| Foto 23 – (dir.): Área específica para fumantes .....  | 640 |
| Foto 24 – (esqu.): Zonas de estocagem de materiais perfeitamente definidas/delimitadas, exemplo 1 (pesquisador) .....                                  | 641 |
| Foto 25 – (dir.): Zonas de estocagem de materiais perfeitamente definidas/delimitadas, exemplo 2 (pesquisador) .....                                   | 641 |
| Foto 26 – Limpeza perfeita dos pisos após a remoção dos resíduos (pesquisador) .....   | 642 |
| Foto 27 – Uso de cinto de segurança/linha de vida na coleta dos entulhos nas bandejas (pesquisador) .....  | 642 |
| Foto 28 – Caminho de circulação das pessoas perfeitamente definido (pesquisador) .....   | 642 |
| Foto 29 – (esqu.): Elementos de proteção contra quedas e depressões/valas/escavações, para fundação (pesquisador) .....                                | 643 |
| Foto 30 – (dir.): Proteções metálicas anti-queda no perímetro exterior, no levantamento das paredes de alvenaria estrutural (pesquisador) .....        | 643 |
| Foto 31 – (esqu.): Quadro de gestão visual de fornecedores, à entrada da obra (pesquisador): .....   | 643 |
| Foto 32 – (dir.): Quadro de gestão visual de subempreiteiros, à entrada da obra (pesquisador) .....  | 643 |
| Foto 33 – Contaminação de resíduos Classe A com resíduos classe B (pesquisador).....   | 645 |
| Foto 34 – Transporte horizontal dos RCC classe A, com contaminação, e ao nível dos pavimentos, por carreola/jerica/carrinho de mão (pesquisador) ..... | 646 |
| Foto 35 – Depósito de resíduos perigosos, não vislumbrado em obra (pesquisador).....   | 648 |
| Foto 36 – Segregação ineficaz na origem (pesquisador).....   | 648 |
| Foto 37 – Segregação ineficaz na origem (pesquisador).....   | 648 |
| Foto 38 – Situação preconizada no PGRS para o armazenamento final de resíduos de classe A e B (pesquisador).....                                       | 649 |
| Foto 39 – Transporte horizontal e acondicionamento intermediário de RCC classe A contaminados com plásticos e metais (pesquisador).....                | 652 |
| Foto 40 – RCC classe A contaminado com plásticos e metais (pesquisador).....   | 652 |
| Foto 41 – RCC classe A contaminado com papelões e gessos, ou isopor .....  | 652 |
| Foto 42 – RCC classe A contaminado com papelões (pesquisador).....   | 652 |
| Foto 43 – Resíduos classe A, cimentícios, triados e acondicionados em pilha no centro do cômodo, em pavimento superior ao térreo .....                 | 685 |



|   |     |
|---|-----|
| Foto 44 – Resíduos classe A, cimentícios, triados e acondicionados em pilha junto a parede, em pavimento superior ao térreo .....   | 685 |
| Foto 45 – Resíduos de blocos de concreto, já de grandes dimensões, triados e acondicionados em pilha no centro do cômodo, em pavimento superior ao térreo (pesquisador) .....                                   | 685 |
| Foto 46 – Resíduos classe A, cimentícios, coleta por jERICA, em piso superior ao térreo .....   | 686 |
| Foto 47 – Resíduos de classe A, cimentícios, coleta em latas, em piso superior ao térreo.....   | 686 |
| Foto 48 – Resíduos de classe A, transporte manual em latas, em piso superior ao térreo (pesquisador) .....  | 686 |
| Foto 49 – Resíduos de classe A, cimentícios, acondicionados intermediariamente em pilha, em um cômodo com abertura para acesso do “sky-trek”, em pavimento superior ao térreo .....                             | 686 |
| Foto 50 – Resíduos de classe A, cimentícios, acondicionados intermediariamente em caixotão de madeira, em um cômodo com abertura para acesso do “sky-trek”, em pavimento superior ao térreo (pesquisador) ..... | 686 |
| Foto 51 (esquerda) – Resíduos de classe A, cimentícios, transporte para o térreo por meio de “sky-trek”, fase inicial.....  | 687 |
| Foto 52 (centro) - Resíduos de classe A, cimentícios, transporte para o térreo por meio de “sky-trek”, fase intermediária .....   | 687 |
| Foto 53 (direita) – Resíduos de classe A, cimentícios, transporte para o térreo por meio de “sky-trek”, fase quase final .....  | 687 |
| Foto 54 (esquerda) – Resíduos de classe A, cimentícios, aguardando por transporte horizontal no térreo por meio de jERICA/carrinho de mão .....   | 687 |
| Foto 55 (direita) – Resíduos de classe A, no caso solos, aguardando por transporte horizontal no térreo por meio de jERICA/carrinho de mão .....  | 687 |
| Foto 56 (esquerda) – Resíduos de classe A, cimentícios, armazenamento final no térreo em caçamba exclusiva.....   | 688 |
| Foto 57 (centro) – Resíduos de classe A, solos, armazenamento final no térreo em caçamba exclusiva) .....   | 688 |
| Foto 58 (direita) – Resíduos de classe A, “mistos” (cimentícios misturados com solos), armazenamento final em caçambas no térreo (pesquisador, 2019).....   | 688 |
| Foto 59 (esquerda) – Resíduos de classe A, cimentícios/entulhos, sendo retirados de canteiro por caminhão poliguindaste, fase inicial .....   | 688 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 60 (direita) – Resíduos de classe A, cimentícios/entulhos, sendo retirados de canteiro, com as caçambas cobertas por lona, e por meio de caminhão poliguindaste, fase final (pesquisador)..... | 688 |
| Foto 61 (esquerda) – Resíduos classe A, no caso solos, sendo retirados de canteiro por caminhões poliguindaste, fase inicial.....   | 689 |
| Foto 62 (direita) – Transportador retirando do canteiro resíduos classe A, no caso solos, e em posse da respectiva ficha do tipo CTR (pesquisador) .....  | 689 |
| Foto 63 (esquerda) – Triagem/segregação de resíduos de gesso (classe B), por varrição, nos pavimentos superiores ao térreo .....  | 689 |
| Foto 64 (direita) – Acondicionamento de resíduos de gesso dentro de sacos de cimento vazios, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador).....   | 689 |
| Foto 65 – Transporte inicial horizontal, nos pavimentos superiores ao térreo, feito manualmente pelos funcionários, de resíduos de gesso (classe B) – (pesquisador) .....                           | 690 |
| Foto 66– Resíduos de gesso sendo transportados manualmente desde o 1º andar até o térreo, por funcionário, dentro de saco de cimento (pesquisador).....   | 690 |
| Foto 67– Resíduos de gesso sendo transportados no térreo até o local de armazenamento final do mesmo (pesquisador).....   | 691 |
| Foto 68– Caçamba de gesso, no térreo, para armazenamento final exclusivo desse tipo de material (pesquisador) .....   | 691 |
| Foto 69– Resíduos de gesso (classe B), sendo retirados de canteiro por caminhão poliguindaste (pesquisador) .....   | 692 |
| Foto 70 (esquerda) – Resíduos de pequenos pedaços de madeira, triados e acondicionados em área central de cômodo, nos pavimentos superiores ao térreo .....   | 692 |
| Foto 71 (centro) – Resíduos de madeiras de médias dimensões, triados e acondicionados junto a parede em cômodo, nos pavimentos superiores ao térreo .....   | 692 |
| Foto 72 (direita) – Resíduos de madeiras de grandes dimensões, triados e acondicionados junto a parede em cômodo, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador) .....                           | 692 |
| Foto 73 esquerda) – Saco de ráfia com pequenos pedaços de madeira coletados e acondicionados dentro dele, nos pavimentos superiores ao térreo, aguardando transporte horizontal.....                | 693 |
| Foto 74 (direita) – Transporte horizontal, e manualmente, de pequenos pedaços de madeira em saco de ráfia, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador).....                                   | 693 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 75– Armazenamento final de resíduos de madeira, em caçambas exclusivas para eles, no térreo (pesquisador).....   | 694 |
| Foto 76– Resíduos de madeiras (classe B), sendo retirados de canteiro por caminhão poliguindaste (pesquisador) .....  | 694 |
| Foto 77 (esquerda) – Tubulação de PVC triada/segregada e inicialmente acondicionada em pequenas pilhas, junto às paredes, nos pavimentos superiores ao térreo .....   | 695 |
| Foto 78 (direita) – Tubo corrugado plástico triado/segregado e inicialmente acondicionado em pequenas pilhas, junto às paredes, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador).695   |     |
| Foto 79 (esquerda)– Tubo corrugado plástico já acondicionado, depois de transferido, em balde, nos pavimentos superiores ao térreo.....   | 695 |
| Foto 80 (direita) – Materiais plásticos duros/rígidos já acondicionados, depois de transferidos, em saco de ráfia, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador) .....  | 695 |
| Foto 81– Resíduos de plásticos duros/rígidos, sendo transportados horizontalmente, nos pisos superiores ao térreo, por funcionário, de forma manual, até cômodo acessível a equipamento do tipo “sky-trek” (pesquisador)..... | 696 |
| Foto 82– Armazenamento final de plástico duro em área delimitada para “bags”, no térreo (pesquisador) .....   | 697 |
| Foto 83– Retirada do canteiro de resíduos de plásticos duros/rígidos, por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (pesquisador).....  | 697 |
| Foto 84– Armazenamento final de plástico fino/mole (classe B) em área delimitada para bags, no térreo (pesquisador).....  | 698 |
| Foto 85– Retirada de canteiro de resíduos de plásticos finos/moles, por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (pesquisador) .....   | 698 |
| Foto 86 (esquerda) – Resíduos de pontas de aço, segregados/triados em pequenas pilhas, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador) .....  | 699 |
| Foto 87 (direita) – Resíduos de pontas de aço e rede metálica, segregados/triados em pequenas pilhas, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador) .....   | 699 |
| Foto 88– Armazenamento final em tambor metálico de 200 litros, no piso térreo (pesquisador) .....   | 700 |
| Foto 89 (esquerda) – Resíduos de isopor triados/segregados, junto às paredes dos cômodos, nos pisos superiores ao térreo.....   | 700 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 90 (direita) – Resíduos de isopor sendo acondicionados inicialmente em sacos de rafia, nos pisos superiores ao térreo (pesquisador).....   | 700 |
| Foto 91– Armazenamento final de isopor (classe B) em área delimitada para “bags”, no térreo (pesquisador).....  | 701 |
| Foto 92– Retirada de canteiro de resíduos de isopor (classe B), por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (pesquisador) .....           | 701 |
| Foto 93 (esquerda) – Resíduos de papelões segregados/triados em pilhas, junto às paredes, nos pavimentos superiores ao térreo .....   | 702 |
| Foto 94 (direita) - Resíduos de papelões acondicionados dentro de sacos de cimento vazios (pesquisador).....  | 702 |
| Foto 95– Armazenamento final de papéis e papelões (classe B) em área delimitada para bags, no térreo (pesquisador).....   | 703 |
| Foto 96– Retirada de canteiro de resíduos de papéis e papelões (classe B), por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (pesquisador)..... | 703 |
| Foto 97– Armazenamento final de sacarias (classe B) em área delimitada para “bags”, no térreo (pesquisador).....  | 704 |
| Foto 98– Retirada de canteiro de sacarias (classe B), por caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva.....  | 704 |
| Foto 99– Triagem/segregação inicial de pneus inservíveis, em pavimentos superiores ao térreo (pesquisador).....   | 705 |
| Foto 100- Coleta e transporte inicial horizontal de pneus inservíveis, nos pavimentos superiores ao térreo (pesquisador).....   | 706 |
| Foto 101- Fase imediatamente anterior ao acondicionamento dos pneus inservíveis nos cômodos acessíveis aos equipamentos do tipo “sky-trek” (pesquisador) .....                          | 706 |
| Foto 102– Coleta para posterior transporte manual, no térreo, e dentro de sacos de lixo comuns, de rejeitos orgânicos – neste caso com algum tipo de contaminação (pesquisador).....    | 707 |
| Foto 103– Armazenamento final no térreo, de rejeitos orgânicos, em cômodo específico para esse efeito (pesquisador).....  | 708 |
| Foto 104– Exemplo de ficha de controle de transporte e recebimento de resíduos (ficha do tipo CTR) usada na obra 1 (pesquisador).....   | 727 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 105 (esquerda) - Áreas de estocagem de materiais perfeitamente delimitadas, com os mesmos protegidos contra intempéries, exemplo 1 .....             | 729 |
| Foto 106 (direita) – Áreas de estocagem de materiais perfeitamente delimitadas, com os mesmos protegidos contra intempéries, exemplo 2 (pesquisador)..... | 729 |
| Foto 107 (super. esquerda) – Sinalização de segurança: área de circulação de pedestres (pesquisador) .....  | 729 |
| Foto 108 (super. direita) – Passadiço de proteção contra risco de queda de objetos em altura (pesquisador) .....  | 729 |
| Foto 109 (infer. esquerda) – Sinalização de segurança para carga suspensa, risco de queda de materiais (pesquisador).....                                 | 729 |
| Foto 110 (infer. direita) – Sinalização de uso obrigatório de EPI's (pesquisador).....  | 729 |
| Foto 111– Aspecto de limpeza dos vestiários (pesquisador).....  | 730 |
| Foto 112– Cartaz comunicando a política de qualidade da construtora, e sinalização de proibição de fumar, nos vestiários (pesquisador).....               | 730 |
| Foto 113- Aspecto de limpeza dos vestiários (pesquisador) .....   | 730 |
| Foto 114- Cartaz comunicando a política de qualidade da construtora, e sinalização de proibição de fumar, nos vestiários (pesquisador).....               | 730 |
| Foto 115 (superior esquerda) – Aspecto de organização e limpeza do refeitório (pesquisador) .....   | 730 |
| Foto 116 (superior direita) – Extintores no refeitório (pesquisador).....   | 730 |
| Foto 117 (inferior esquerda) – Sinalização de proibição de fumar no refeitório (pesquisador) .....  | 730 |
| Foto 118 (inferior direita) - Ventiladores no refeitório (pesquisador) .....  | 730 |
| Foto 119 (esquerda) – Sinalização para uso de recipiente de lixo e uso de protetor solar na pele, vestiários (pesquisador) .....                          | 731 |
| Foto 120 direita) – Sinalização para criação de hábito de lavagem de mãos, sanitários (pesquisador) .....   | 731 |
| Foto 121 (esquerda) – Delimitação de zona para bicicletário (pesquisador).....  | 731 |
| Foto 122 (direita) – Colocação de vários bebedouros de água no perímetro do canteiro (pesquisador).....   | 731 |
| Foto 123 (esquerda) – Avaliação de fornecedores por gestão visual (pesquisador).....  | 731 |
| Foto 124 (direita) – Controle de insumos na geladeira, por gestão visual (pesquisador).....   | 731 |
| Foto 125 (esquerda) - Controle de produção por gestão visual, exemplo 1 (pesquisador) ....  | 732 |

|  |     |
|--|-----|
| Foto 126 (direita) - Controle de produção por gestão visual, exemplo 2 (pesquisador) .....   | 732 |
| Foto 127 (superior esquerda) – Avaliação financeira por gestão visual (pesquisador) .....  | 732 |
| Foto 128 (superior direita) – Mapeamento das condições atmosféricas por gestão visual (pesquisador).....   | 732 |
| Foto 129 (inferior esquerda) – Controle da correção de não conformidades por gestão visual (pesquisador) .....   | 732 |
| Foto 130 (inferior direita) - Informações sobre segurança em obra aos funcionários, por gestão visual (pesquisador).....   | 732 |
| Foto 131 – Avaliação geral da obra por gestão visual, Sistema de Gestão da Qualidade (pesquisador).....  | 733 |
| Foto 132 (esquerda) – Resíduos de classe A, (entulhos/cimentícios), sofrendo armazenamento final em caçamba própria para o efeito, na obra 2 (pesquisador)...    | 749 |
| Foto 133 (direita) - Resíduos de classe A, (entulhos/cimentícios), sofrendo armazenamento final em caçamba própria para o efeito, na obra 2 (pesquisador).....   | 749 |
| Fotos 134 (esquerda) – Resíduos de classe A, (entulhos/cimentícios), sofrendo armazenamento final em caçamba própria para o efeito, na obra 2 (pesquisador)..... | 749 |
| Foto 135 (direita) – Resíduos classe A do tipo solos, sofrendo armazenamento final em caçamba exclusiva para eles, no térreo, na obra 2 (pesquisador).....       | 749 |
| Foto 136 – Armazenamento final no térreo, de resíduos de gesso (classe B), em caçamba exclusiva para esse propósito, e na obra 2 (pesquisador).....              | 751 |
| Fotos 137 (esquerda) – Armazenamento final no piso térreo de madeiras (classe B), em caçambas exclusivas para esse propósito, e na obra 2 (pesquisador).....     | 752 |
| Fotos 138 (direita) – Armazenamento final no piso térreo de madeiras (classe B), em caçambas exclusivas para esse propósito, e na obra 2 (pesquisador).....      | 752 |
| Foto 139 – Armazenamento final de plástico duro em área delimitada para bags, no piso térreo, na obra 2 (pesquisador).....                                       | 753 |
| Fotos 140 (esquerda) – Resíduos plásticos moles/finos, armazenados em zona delimitada para bags de “recicláveis”, no piso térreo da obra 2 (pesquisador) .....   | 755 |
| Fotos 141 (direita) – Resíduos plásticos moles/finos, armazenados em zona delimitada para bags de “recicláveis”, no piso térreo da obra 2 (pesquisador) .....    | 755 |
| Foto 142- Armazenamento final de isopor (classe B) em área delimitada para bags, no piso térreo da obra 2 (pesquisador).....                                     | 756 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 143 (esquerda) – Armazenamento final de papeis e papelões (classe B) em área delimitada para bags, no piso térreo da obra 2 (pesquisador)..... | 757 |
| Foto 144 (direita) – Armazenamento final de papeis e papelões (classe B) em área delimitada para bags, no piso térreo da obra 2 (pesquisador).....  | 757 |
| Foto 145 (esquerda) – Armazenamento final de sacarias (classe B) em área delimitada para bags, no piso térreo da obra 2 (pesquisador).....          | 757 |
| Foto 146 (direita) – Armazenamento final de sacarias (classe B) em área delimitada para bags, no piso térreo da obra 2 (pesquisador).....           | 757 |
| Foto 147(esquerda) – Almoxarifado perfeitamente limpo e organizado (pesquisador).....   | 766 |
| Foto 148 (direita) – Área exterior de estocagem de materiais, perfeitamente delimitada, limpa e rotulda (pesquisador).....                          | 766 |
| Foto 149 (esquerda) – Refeitório, perfeitamente limpo e organizado (pesquisador).....   | 766 |
| Foto 150 (direita) – Segurança no refeitório, com presença de extintor de incêndios (pesquisador).....  | 766 |
| Foto 151 (esquerda) – Refeitório, preocupação com correta separação entre resíduos (pesquisador).....   | 767 |
| Foto 152 (direita) – Sanitários, registro de controle das limpezas efetuadas (pesquisador).....   | 767 |
| Foto 153 (esquerda) – Vestiários, placa sinalizadora para manter o local limpo (pesquisador).....   | 767 |
| Foto 154 (direita) – Espaço de biblioteca, limpo e organizado (pesquisador).....  | 767 |
| Foto 155 (esquerda) – Ampla comunicação da Política de Qualidade da empresa (pesquisador).....  | 768 |
| Foto 156 (direita) – Banheiros químicos espalhados ao longo do canteiro (pesquisador).....  | 768 |
| Foto 157 (esquerda) – Transparência na comunicação de regras aos funcionários (pesquisador).....  | 769 |
| Foto 158 (direita) – Bebedouros espalhados ao longo do canteiro, preocupação com a hidratação dos funcionários (pesquisador).....                   | 769 |
| Foto 159 (esquerda) – Segurança no trabalho, aviso sobre pregos no caminho (pesquisador).....   | 769 |
| Foto 160 (direita) – Aviso revelador de cuidados com a proteção do trabalhador em relação à exposição solar (pesquisador).....                      | 769 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 161 (esquerda) – Aspecto geral de organização e limpeza nos vestiários da obra 2, foto 1/2 (pesquisador).....  | 770 |
| Foto 162 (esquerda) – Aspecto geral de organização e limpeza nos vestiários da obra 2, foto 2/2 (pesquisador).....  | 770 |
| Foto 163 (esquerda) – Aspecto geral da organização e limpeza nos sanitários da obra 2, foto 1/2 (pesquisador).....  | 771 |
| Foto 164 (direita) – Aspecto geral da organização e limpeza nos sanitários da obra 2, foto 2/2 (pesquisador).....   | 771 |
| Foto 165 (esquerda) – Aspecto geral da organização e limpeza no refeitório da obra 2, foto 1/2 (pesquisador).....   | 771 |
| Foto 166 (direita) – Aspecto geral da organização e limpeza no refeitório da obra 2, foto 2/2 (pesquisador).....  | 771 |
| Foto 167 (esquerda) – Aspecto geral da organização e limpeza na biblioteca da obra 2 (pesquisador).....   | 771 |
| Foto 168 (direita) – Aspecto geral da organização e limpeza no almoxarifado da obra 2, (pesquisador).....   | 771 |
| Foto 169 (esquerda) – Sinalética típica da obra 2, na sinalização das entradas de áreas de vivência, no caso o vestiário (pesquisador).....   | 772 |
| Foto 170 (direita) – Sinalética de bebedouro no interior do refeitório, na obra 2 (pesquisador).....  | 772 |
| Foto 171 (esquerda) – Sinalização de Gabinete de Segurança do Trabalho na obra 2 (pesquisador).....   | 772 |
| Foto 172 (direita) – Técnico de Segurança do Trabalho trabalhando dentro do seu gabinete, na obra 2 (pesquisador).....  | 772 |
| Foto 173 (esquerda) – Comunicação da Política de Qualidade da empresa, na copa da obra 2 (pesquisador).....   | 773 |
| Foto 174 (direita) – Ferramenta de Gestão Visual, aplicada a controle de Produção, na obra 2 (pesquisador).....   | 773 |
| Foto 175 (esquerda) – Ferramenta de acompanhamento e controle, por Gestão Visual, da execução dos projetos de gás, elétrica, redesde esgoto, de abastecimento de água e de drenagem, e de execução das fundações das torres, na obra 2 (pesquisador)..... | 773 |
| Foto 176 (direita) – Ferramenta de controle tecnológico do concreto, por Gestão Visual, na obra 2 (pesquisador).....  | 773 |



|  |     |
|--|-----|
| Foto 177 (esquerda) – Ferramenta de controle e acompanhamento geral da obra, por Gestão Visual, na obra 2 (pesquisador)..... | 774 |
| Foto 178 (direita) - Avaliação de fornecedores por Gestão Visual, na obra 2 (pesquisador).                                   | 774 |
| Foto 179 (esquerda) – Umidade em paredes interiores dos cômodos, na obra 2 (pesquisador).....                                | 775 |
| Foto 180 (direita) – Umidade nas paredes em zonas de áreas comuns, na obra 2 (pesquisador).....                              | 775 |
| Foto 181 (esquerda) – Necessidade de retrabalhos nos tetos de zonas de áreas comuns, na obra 2 (pesquisador).....            | 775 |
| Foto 182 (centro) – Necessidade de retrabalhos nos tetos de zonas de áreas comuns, na obra 2 (pesquisador).....              | 775 |
| Foto 183 (direita) – Necessidade de retrabalhos nos tetos de zonas de áreas comuns, na obra 2 (pesquisador).....             | 775 |
| Foto 184 (esquerda) – Aspecto exterior inicial da torre 1, na obra 2 (pesquisador).....                                      | 776 |
| Foto 185 (direita) – Aspecto exterior inicial da torre 2, na obra 2 (pesquisador).....                                       | 776 |
| Foto 186 (esquerda) – Aspecto exterior inicial da torre 3, na obra 2 (pesquisador).....                                      | 776 |
| Foto 187 (direita) – Aspecto exterior inicial da torre 3, na obra 2 (pesquisador).....                                       | 776 |
| Foto 188 (esquerda) – Baia de pedrisco semi-vazia, na obra 2 (pesquisador).....  | 777 |
| Foto 189 (direita) – Baia de areia praticamente vazia, na obra 2 (pesquisador).....  | 777 |
| Foto 190 – Única betoneira a funcionar na obra 2 (pesquisador).....  | 777 |
| Foto 191 (esquerda) – Caçamba para armazenamento final de entulhos, praticamente vazia, na obra 2 (pesquisador).....         | 777 |
| Foto 192 (direita) – Caçamba para armazenamento final de gesso, praticamente vazia, na obra 2 (pesquisador).....             | 777 |
| Foto 193 (esquerda) – Zona central do canteiro na obra 2 já com amplo espaço vazio (pesquisador).....                        | 778 |
| Foto 194 (direita) – Tomadas elétricas por colocar, Bloco A, torre 3, na obra 2 (pesquisador).....                           | 778 |
| Foto 195 (esquerda) – Escadas para a cobertura por colocar, Bloco B, torre 3, na obra 2 (pesquisador).....                   | 778 |
| Foto 196 (direita) – Esquadrias com vidros por colocar, Bloco C, torre 3, na obra 2 (pesquisador).....                       | 778 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 197 (esquerda) – Execução de teto falso em banheiro, Bloco A, torre 2, na obra 2 (pesquisador).....                            | 778 |
| Foto 198 (direita) – Corrimão de escadas por lixar e pintar, Bloco B, torre 2, na obra 2 (pesquisador).....                         | 778 |
| Foto 199 (esquerda) – Loiças sanitárias, umas assentes e outras não, Bloco C, torre 2, na obra 2 (pesquisador).....                 | 779 |
| Foto 200 (direita) – Fixação de peças de fibrocimento, em cobertura, Bloco A, torre 2, na obra 2 (pesquisador).....                 | 779 |
| Foto 201 (esquerda) – Quadro elétrico por aplicar, em área comum, Bloco A, torre 1, na obra 2 (pesquisador).....                    | 779 |
| Foto 202 (direita) – Parede por rebocar e pintar, quadro elétrico por colocar, Bloco B, torre 1, na obra 2 (pesquisador).....       | 779 |
| Foto 203 (esquerda) – Piso e rodapé cerâmico por colocar, em quarto, Bloco C, torre 1, na obra 2 (pesquisador).....                 | 779 |
| Foto 204 (direita) – Assentamento de piso cerâmico na sala, Bloco D, torre 1, na obra 2 (pesquisador).....                          | 779 |
| Foto 205 (esquerda) – Sanca no teto de cozinha por executar e tanquinho por aplicar, Bloco A, torre 1, na obra 2 (pesquisador)..... | 780 |
| Foto 206 (direita) – Esquadrias por terminar, em sala, Bloco B, torre 1, na obra 2 (pesquisador).....                               | 780 |
| Foto 207 (esquerda) – Sanca no teto por executar, pia por assentar, em cozinha, Bloco C, torre 1, na obra 2 (pesquisador).....      | 780 |
| Foto 208 (direita) – Pinturas por executar, em quarto, Bloco D, torre 1, na obra 2 (pesquisador).....                               | 780 |
| Foto 209 (esquerda) – Sinalética na Torre 1, Bloco A, piso térreo, na obra 2 (pesquisador).   | 783 |
| Foto 210 (centro) – Aspecto de limpeza na sala, Torre 1, Bloco A, térreo, na obra 2 (pesquisador).....                              | 783 |
| Foto 211 (direita) – Aspecto de limpeza na cozinha, Torre 1, Bloco A, térreo, na obra 2 (pesquisador).....                          | 783 |
| Foto 212 (esquerda) – Sinalética na torre 1, bloco A, 3º piso na obra 2.....  | 784 |
| Foto 213 (centro) – Aspecto de limpeza na cozinha, torre 1, bloco A, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                          | 784 |

|  |     |
|--|-----|
| Foto 214 (direita) – Aspecto de limpeza no hall de entrada, Torre 1, Bloco A, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....  | 784 |
| Foto 215 (esquerda) – Sinalética na torre 1, bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....                          | 784 |
| Foto 216 (centro) – Aspecto de limpeza no banheiro, torre 1, bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....          | 784 |
| Foto 217 (direita) – Aspecto de limpeza em cozinha, torre 1, bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....          | 784 |
| Foto 218 (esquerda) – Aspecto de limpeza em sala, torre 1, bloco B, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....            | 784 |
| Foto 219 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, torre 1, bloco B, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....            | 784 |
| Foto 220 (direita) – Aspecto de limpeza em caixa de escadas, torre 1, bloco B, 2º piso, na obra 2 (pesquisador)..... | 784 |
| Foto 221 (esquerda) – Aspecto de limpeza em hall de entrada, torre 1, bloco C, 1º piso, na obra 2 (pesquisador)..... | 785 |
| Foto 222 (centro) – Aspecto de limpeza em banheiro, torre 1, bloco C, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....          | 785 |
| Foto 223 (direita) – Aspecto de limpeza em sala e cozinha, torre 1, bloco C, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....   | 785 |
| Foto 224 (esquerda) – Aspecto de limpeza em banheiro, torre 1, bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....        | 785 |
| Foto 225 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, torre 1, bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....            | 785 |
| Foto 226 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, torre 1, bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....             | 785 |
| Foto 227 (esquerda) – Sinalética de torre 1 e circulação para pedestres, bloco D, térreo, na obra 2.....             | 785 |
| Foto 228 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, torre 1, bloco D, térreo, na obra 2 (pesquisador).....            | 785 |
| Foto 229 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, torre 1, bloco D, térreo, na obra 2 (pesquisador).....              | 785 |
| Foto 230 (esquerda) – Aspecto de limpeza em área comum, torre 1, bloco D, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....      | 786 |

|   |     |
|---|-----|
| Foto 231 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, torre 1, bloco D, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....           | 786 |
| Foto 232 (direita) – Aspecto de limpeza em hall de entrada, torre 1, bloco D, 2º piso, na obra 2 (pesquisador)..... | 786 |
| Foto 233 (esquerda) – Sinalética de torre 2, bloco A, piso térreo, na obra 2 (pesquisador).....                     | 786 |
| Foto 234 (centro) – Aspecto de limpeza em sala, torre 2, bloco A, térreo, na obra 2 (pesquisador).....              | 786 |
| Foto 235 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, torre 2, bloco A, térreo, na obra 2 (pesquisador).....           | 786 |
| Foto 236 (esquerda) – Aspecto de limpeza em sala e cozinha, torre 2, bloco A, 2º piso, na obra 2 (pesquisador)..... | 786 |
| Foto 237 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, torre 2, bloco A, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....           | 786 |
| Foto 238 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, torre 2, bloco A, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....        | 786 |
| Foto 239 (esquerda) – Sinalética de torre 2, Bloco B, 1º piso, na obra 2.....                                       | 787 |
| Foto 240 (centro) – Aspecto de limpeza em hall de entrada, torre 2, bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....  | 787 |
| Foto 241 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, torre 2, bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....        | 787 |
| Foto 242 (esquerda) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, Bloco B, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....         | 787 |
| Foto 243 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2, Bloco B, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....          | 787 |
| Foto 244 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 2, Bloco B, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....            | 787 |
| Foto 245 (esquerda) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, Bloco C, térreo, na obra 2 (pesquisador).....          | 787 |
| Foto 246 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2, Bloco C, térreo, na obra 2 (pesquisador).....           | 787 |
| Foto 247 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 2, Bloco C, térreo, na obra 2 (pesquisador).....             | 787 |

|  |     |
|--|-----|
| Foto 248 (esquerda) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 2, Bloco C, 2º piso, na obra 2.....                                | 788 |
| Foto 249 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2 , Bloco C, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....                | 788 |
| Foto 250 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2 , Bloco C, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....                | 788 |
| Foto 251 (esquerda) – Aspecto de limpeza em área comum, Torre 2, Bloco C, 3º piso, na obra 2.....                          | 788 |
| Foto 252 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2 , Bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                | 788 |
| Foto 253 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2 , Bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                | 788 |
| Foto 254 (esquerda) – Aspecto delimpeza em hall de entrada, Torre 3, Bloco A, térreo, na obra 2 (pesquisador).....         | 788 |
| Foto 255 (centro) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 3 , Bloco A, térreo, na obra 2 (pesquisador).....                    | 788 |
| Foto 256 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 3 , Bloco A, térreo, na obra 2 (pesquisador).....                 | 788 |
| Foto 257 (esquerda) – Aspecto de limpeza em hall de entrada, Torre 3, Bloco A, 3º piso, na obra 2. (pesquisador).....      | 789 |
| Foto 258 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 3 , Bloco A, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                | 789 |
| Foto 259 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 3 , Bloco A, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                  | 789 |
| Foto 260 (esquerda) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 3, Bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....                | 789 |
| Foto 261 (centro) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 3 , Bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....                   | 789 |
| Foto 262 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 3 , Bloco B, 1º piso, na obra 2 (pesquisador).....              | 789 |
| Foto 263 (esquerda) – Aspecto de limpeza em 1º lance de escadas, entre o 1º e o 2º pisos, Torre 3, Bloco B, na obra 2..... | 789 |

|  |     |
|--|-----|
| Foto 264 (centro) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 3 , Bloco B, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....                             | 789 |
| Foto 265 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 3 , Bloco B, 2º piso, na obra 2 (pesquisador).....                              | 789 |
| Foto 266 (esquerda) – Aspecto de limpeza em área comum, Torre 3, Bloco C, térreo, na obra 2 (pesquisador).....                           | 790 |
| Foto 267 (centro) – Aspecto de limpeza em 1º lance de escadas entreo térreo e o 1º piso, Torre 3 , Bloco C, na obra 2 (pesquisador)..... | 790 |
| Foto 268 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 3 , Bloco C, térreo, na obra 2 (pesquisador).....                             | 790 |
| Foto 269 (esquerda) – Aspecto de limpeza em área comum, Torre 3, Bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                          | 790 |
| Foto 270 (centro) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 3 , Bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                             | 790 |
| Foto 271 (direita) – Aspecto de limpeza em sala e cozinha, Torre 3 , Bloco C, 3º piso, na obra 2 (pesquisador).....                      | 790 |
| Foto 272 (esquerda) – Peças de grama sintética para campo de futebol, exterior, na obra 2 (pesquisador).....                             | 790 |
| Foto 273 (direita) – Aspecto da área de lazer (campo de futebol), na obra 2 (pesquisador).....   | 790 |
| Foto 274 (esquerda) – Contaminação de resíduos em caixotão, na obra 2 (pesquisador).....   | 796 |
| Foto 275 (direita) – Contaminação de resíduos em caixotão, na obra 2 (pesquisador).....  | 796 |
| Foto 276 (esquerda) – Contaminação de resíduos em caçamba, na obra 2 (pesquisador).....  | 797 |
| Foto 277 (direita) – Contaminação de resíduos em caçamba, na obra 2 (pesquisador).....   | 797 |

*LISTA DESIGLAS*

**ABRAMAT** – Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção

**ABRECON** – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição

**ABRELPE** – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

**ACB** – Análise de Custo-Benefício

**AHP** – Analytic Hierarchy Process

**AIA** – Avaliação de Impacto Ambiental

**ASTEN** – Associação dos Transportadores de Entulhos e Agregados de Bauru

**ATC** – Área Total Construída

**ATT's** – Áreas de Transbordo e Triagem de Resíduos

**BNDE** – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico

**CEMPRE** – Compromisso Empresarial para a Reciclagem

**CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

**CMMN** – Câmara Municipal de Montemor o Novo

**CNPJ** – Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas

**COOTRAMAT** – Cooperativa dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis

**CPF** – Cadastro de Pessoas Físicas

**CR** – Taxa de Consistência Relativa

**CREA** – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

**CTR** – Ficha de Controle de Transporte de Resíduos

**DEPA** – Danish Environmental Protection Agency

**DSS** – Decision Support System = Sistema de Apoio à Decisão

**EDP** – Eletronic Data Processing = Sistema de Informação Transacional

**EIS** – Executive Information System = Sistema de Informação Executivo

**EMDURB** – Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru

**ES** – Expert System = Sistema de Informação Especialista

**ESS** – Expert Support System = Sistema de Informação Especialista

**GRS** – Gestão de Resíduos Sólidos

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IC** – Índice de Consistência

**IQR** – Índice de Qualidade de Resíduos

**IR** – Índice Randômico

**MIS** – Management Information System = Sistema de Informação Gerencial

**NPV** – Net Present Value = Valor presente Líquido

**PEV's** – Pontos de Entrega Voluntária de Resíduos ( ou Ecopontos)

**PGRCC** – Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil **ou** Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

**PGRS** – Plano de Gerenciamento sobre Resíduos Sólidos

**PIGRCC** – Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

**PIGRSU** – Plano Integrado de Gestão, Gerenciamento e Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos

**PMGRCC** – Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil **ou** Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil

**PNRS** – Política Nacional de Resíduos Sólidos

**PROSAB** – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

**RCC/RCD** – Resíduos de Construção Civil **ou** Resíduos de Construção e Demolição

**ROI** – Retorno do Investimento

**RS** – Resíduos Sólidos

**RSC** – Resíduos sólidos de Construção

**RD** – Resíduos Domiciliares

**RSS** – Resíduos Sólidos de Saúde

**RSU** – Resíduos Sólidos Urbanos

**SAD** – Sistema de Apoio à Decisão

**SEMMA** – Secretaria Municipal do Meio Ambiente

**SINIR** – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

**SISNAMA** – Sistema Nacional do Meio Ambiente

**SNVS** – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária



**SUASA** – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

**TCLE** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**TIR** – Taxa Interna de Retorno

**TMA** – Taxa Mínima de Atratividade

**UE** – União Europeia

**UNFCC** – United Nations Framework Convention on Climate Change = Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima

**UNIDO** – Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

**VAE** – Valor Anual Equivalente

**VP** – Valor Presente

**VPL** – Valor Presente Líquido

**VAUE** – Valor Anual Uniforme Equivalente

**$\lambda_{\text{máx}}$**  – Autovalor Máximo

SUMÁRIO

---

|   |     |
|---|-----|
| DEDICATÓRIA .....   | 2   |
| AGRADECIMENTOS.....   | 3   |
| RESUMO .....  | 5   |
| ABSTRACT.....   | 6   |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....  | 7   |
| LISTA DE SIGLAS .....   | 24  |
| SUMÁRIO .....   | 27  |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 72  |
| 1.1 A sustentabilidade – aspectos gerais.....   | 72  |
| 1.2 A sustentabilidade e a construção civil.....  | 77  |
| 1.3 O problema da pesquisa.....   | 80  |
| 1.4 A hipótese da pesquisa e os fundamentos.....  | 81  |
| 1.5 Proposta de estudo.....   | 81  |
| 1.6 Objetivo geral.....   | 82  |
| 1.6.1Objetivos específicos.....   | 82  |
| 2. JUSTIFICATIVA.....   | 83  |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....  | 90  |
| 3.1 Legislações e normas sobre ou correlacionadas a RCC/RCD.....  | 90  |
| 3.1.1 Legislações nacionais sobre RCC/RCD.....  | 90  |
| 3.1.1.1 A Resolução CONAMA 307/2002 e suas revisões.....  | 90  |
| 3.1.1.2 A Lei Federal 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS).....   | 95  |
| 3.1.1.2.1 Aspetos gerais.....   | 95  |
| 3.1.1.2.2 Os conteúdos e implicações da Lei Federal 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos PNRS) mais diretamente relacionados com as construtoras (grandes geradores)..... | 98  |
| 3.1.1.3 O PGRCC – Instrumento legal principal de gerenciamento de RCC/RCD para as construtoras (grandes geradores).....   | 102 |
| 3.1.1.3.1 PGRCC – “Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil” (Cunha Junior N.B., 2005).....  | 103 |
| 3.1.1.3.2 PGRCC – “Gestão de Resíduos na Construção Civil” (Barreto, I.M.C.B. do N., 2005).....   | 106 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.1.1.3.3 PGRCC – “Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil” (Novaes, M.de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008).....                  | 107 |
| 3.1.1.3.4 PGRCC – “Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil – A experiência do Sinduscon de São Paulo” (Pinto, T. de P., 2005).....                | 114 |
| 3.1.1.3.5 PGRCC – “Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil” (Lima, R.S. e Lima, R.R.R., 2012).....                | 125 |
| 3.1.2 Normas nacionais sobre RCC/RCD.....  | 127 |
| 3.1.2.1 NBR 15112:2004.....  | 128 |
| 3.1.2.2 NBR 15113:2004.....  | 129 |
| 3.1.2.3 NBR 15114:2004.....  | 132 |
| 3.1.3 Normas nacionais correlacionadas aos RCC/RCD.....  | 133 |
| 3.2 Análise custo-benefício.....   | 133 |
| 3.2.1 Considerações gerais.....  | 133 |
| 3.2.2 Principais indicadores da análise custo-benefício (ACB).....   | 135 |
| 3.2.2.1 Método do valor anual uniforme (VAUE), ou método do valor anual uniforme equivalente, ou simplesmente método do valor anual equivalente (VAE)..... | 136 |
| 3.2.2.2 Método do valor presente (VP), ou valor presente líquido (VPL).....  | 137 |
| 3.2.2.3 Método da TIR (taxa interna de retorno do projeto).....  | 143 |
| 3.2.2.4 Método do tempo de recuperação do capital investido (Pay Back Time).....   | 146 |
| 3.2.3 As limitações de uma análise custo-benefício.....  | 150 |
| 3.3 Apoio à decisão, sistemas de informação, sistemas de apoio à decisão – breve resenha.....  | 154 |
| 3.3.1 Apoio à decisão.....   | 154 |
| 3.3.2 Sistemas de informação.....  | 157 |
| 3.3.2.1 Sistemas transacionais.....  | 158 |
| 3.3.2.2 Sistemas gerenciais.....   | 158 |
| 3.3.2.3 Sistemas executivos.....   | 159 |
| 3.3.2.4 Sistemas especialistas.....  | 160 |
| 3.3.2.5 Sistemas de apoio à decisão.....   | 161 |
| 3.4 Métodos multicriteriais.....   | 163 |
| 3.4.1 O método AHP.....  | 164 |
| 3.4.1.1 Justificativa da escolha do método AHP.....  | 171 |
| 3.4.1.2 Revisão bibliográfica sobre casos de aplicação do método AHP.....  | 172 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.4.1.2.1 Publicação da autoria de Vargas, R.V.V., sobre a utilização do método AHP para selecionar e priorizar hipotéticos projetos, na gestão do portfólio dos projetos a serem implementados por uma determinada empresa.....   | 173 |
| 3.4.1.2.2 Artigo da autoria de Martins, C.H.; Padilha, D.J.;Veríssimo, R., com o título “Utilização do método AHP na avaliação de critérios relevantes à implantação de programas de coleta seletiva”, publicado na “Revista Engenharia e Tecnologia”, em Dez/2012.....              | 208 |
| 3.4.1.2.3 Artigo da autoria de Marchezetti, A.L.; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., com o título “Aplicação do método AHP para hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos domiciliares”, publicado na Revista “Ambiente Construído”, na edição de abril/junho de 2011..... | 217 |
| 3.4.1.2.4 Artigo da autoria de Ben, F., como título “Utilização do método AHP em decisões de investimento ambiental”, publicado no XXVI ENEGEP – Fortaleza, CE, Brasil, em 2006.....   | 232 |
| 3.4.1.2.5 Dissertação de Hamada, P., com o título “Formulação de um índice de qualidade de gestão de resíduos sólidos urbanos”, de 2011.....   | 247 |
| 3.4.2 O método ELECTRE.....  | 275 |
| 3.4.2.1 Considerações gerais.....  | 275 |
| 3.4.2.2 O ELECTRE II.....  | 276 |
| 3.4.2.2.1 Procedimento Geral do Método ELECTRE II.....   | 277 |
| 3.4.2.2.2 Exemplo prático didático de aplicação do método ELECTRE II.....  | 278 |
| 3.4.2.2.3 Artigo “Utilização do método ELECTRE II para avaliação de pilotos no campeonato de Fórmula 1.....  | 287 |
| 3.4.3 O método PROMETHEE.....  | 313 |
| 3.4.3.1 Considerações gerais.....  | 313 |
| 3.4.3.2 O PROMETHEE II.....  | 314 |
| 3.4.3.2.1 Conceitos importantes na aplicação do método.....  | 314 |
| 3.4.3.2.2 Passos do método PROMETHEE II.....   | 314 |
| 3.4.3.2.3 Exemplo prático didático de aplicação do método PROMETHEE II.....  | 317 |
| 3.4.3.2.4 Tese “Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento”.....   | 352 |
| 3.4.4 O método multicriterial TOPSIS.....  | 427 |
| 3.4.4.1 Considerações gerais.....  | 427 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.4.4.2 | Passos do método TOPSIS.....   | 429 |
| 3.4.4.3 | Exemplo prático didático de aplicação do método TOPSIS.....  | 430 |
| 3.4.4.4 | Dissertação de Heller, P.G.B. (2007), com o título “Avaliação dos Serviços de Saneamento de Quatro Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – M.G. Uma Abordagem da Dimensão Tecnológica”..... | 434 |
| 3.5     | Canteiro de obra.....  | 457 |
| 3.5.1   | Canteiro de obra como um sistema apenas aparentemente fechado.....   | 460 |
| 3.6     | Resíduos.....  | 461 |
| 3.6.1   | Resíduos sólidos (RS), resíduos sólidos urbanos (RSU) e resíduos domiciliares (RD).....  | 461 |
| 3.6.2   | Resíduos de construção civil / Resíduos de construção e demolição (RCC/RCD).....   | 462 |
| 3.6.2.1 | Introdução.....  | 462 |
| 3.6.2.2 | Situação dos resíduos de construção civil no Brasil.....   | 464 |
| 3.6.2.3 | Situação dos resíduos de construção civil no contexto europeu.....   | 465 |
| 3.6.2.4 | Situação dos resíduos de construção civil no continente norte-americano e no Japão.....  | 472 |
| 3.6.2.5 | As etapas e os objetivos do gerenciamento dos resíduos da construção civil.....  | 474 |
| 3.7     | Técnicas estatísticas necessárias ao desenvolvimento de modelo matemático empírico para estimativa de geração de RCC em edifícios verticais.....   | 518 |
| 3.7.1   | Teste não paramétrico de Shapiro-Wilk.....   | 518 |
| 3.7.2   | Gráficos Box-plot.....   | 523 |
| 3.7.2.1 | Gráficos Box-plot sem Outliers / pontos discrepantes.....  | 523 |
| 3.7.2.2 | Gráficos Box-plot com Outliers / pontos discrepantes.....  | 525 |
| 3.7.3   | Construção de “Gráficos de probabilidade normal” através do excel.....   | 527 |
| 3.7.4   | Construção de “Gráficos de dispersão”, para avaliação da normalidade da distribuição de uma variável, através do excel.....  | 532 |
| 3.7.5   | Construção de “Diagramas de dispersão” de uma variável em relação a outra, para avaliação da correlação entre as duas.....   | 544 |
| 3.7.6   | Gráficos Q-Qplot com uso do excel.....   | 555 |
| 3.7.7   | Anova de uma via – Análise de Variância, e Teste de Tukey usando excel.....  | 564 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 3.7.8     | Análise de correlação de Pearson, entre duas variáveis (independentes, no caso), para efeitos de verificação de multicolinearidade.....   | 573 |
| 3.7.9     | Regressão linear múltipla usando o excel.....   | 581 |
| 3.7.10    | Distribuição T-Student.....   | 591 |
| 3.7.10.1  | Teste de Student para amostras independentes.....   | 593 |
| 4.        | METODOLOGIA .....   | 598 |
| 4.1       | Considerações gerais.....   | 598 |
| 4.2       | Classificação da pesquisa.....  | 598 |
| 4.2.1     | Quanto à natureza.....  | 598 |
| 4.2.2     | Quanto à forma de abordagem do problema.....  | 598 |
| 4.2.3     | Quanto aos objetivos a serem alcançados.....  | 599 |
| 4.2.4     | Quanto às fontes de informação.....   | 599 |
| 4.2.5     | Procedimentos metodológicos.....  | 600 |
| 4.2.6     | Instrumentos de pesquisa.....   | 602 |
| 4.2.7     | Participantes.....  | 603 |
| 4.3       | Cronograma da pesquisa (instante da qualificação) .....   | 603 |
| 4.4       | Fluxograma da pesquisa.....   | 603 |
| 4.5       | Proposta de uma estruturação do método base / charneira da pesquisa (AHP), visando o melhoramento do gerenciamento de RCC em canteiros de edificações verticais, para uso de construtoras brasileiras, e o que lhe está subjacente.....   | 604 |
| 5.        | ESTUDO DE CASO.....   | 614 |
| 5.1       | Considerações gerais.....   | 614 |
| 5.2       | Estudo-piloto.....  | 615 |
| 5.2.1     | A construtora, a obra e a localização.....  | 615 |
| 5.2.2     | O contato inicial.....  | 616 |
| 5.2.3     | Questionário.....   | 619 |
| 5.2.4     | Observação Direta sem Intervenção.....  | 626 |
| 5.2.4.1   | Etapas de Manejo das Diferentes Classes e Tipos de Resíduos (triagem/segregação, transporte horizontal nos pavimentos, acondicionamento nos pavimentos, transporte vertical para o térreo, transporte horizontal no térreo, armazenamento final no térreo, transporte para fora do canteiro)..... | 626 |
| 5.2.4.1.1 | Classe A (cimentícios e cerâmicos; solos).....  | 626 |
| 5.2.4.1.2 | Classe B (gesso; madeira; metais; plásticos; papeis e papelões; vidros).....  | 627 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.2.4.1.3 Classes C e D .....   | 629 |
| 5.2.4.2 Documentação e Registros da Empresa Alvo do Estudo-Piloto.....  | 629 |
| 5.2.4.2.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).....  | 629 |
| 5.2.4.2.2 Fichas de Controle de Transporte e Recebimento Resíduos.....  | 633 |
| 5.2.4.2.3 Planilhas eletrônicas de Controle de Resíduos Gerados em Obra.....  | 633 |
| 5.2.4.2.4 Projeto de canteiro.....  | 635 |
| 5.2.5 Diagnóstico sobre o gerenciamento de RCC no canteiro objeto de estudo-piloto.....   | 636 |
| 5.2.6 Preenchimento das matrizes de decisão correspondentes aos 4 níveis da proposta para aplicação do método AHP atrás descrita, no texto, por decisores da empresa objeto de estudo-piloto.....   | 647 |
| 5.2.7 Preenchimento das matrizes de decisão correspondentes aos 4 níveis da proposta para aplicação do método AHP atrás descrita, no texto, por especialistas.....  | 661 |
| 5.3 Estudo de caso – obra 1.....  | 679 |
| 5.3.1 A construtora, a obra e a localização.....  | 680 |
| 5.3.2 O contato inicial.....  | 680 |
| 5.3.3 Observação direta sem intervenção.....  | 681 |
| 5.3.3.1 Etapas de Manejo das Diferentes Classes e Tipos de Resíduos (triagem/segregação e acondicionamento inicial, coleta e transporte horizontal nos pavimentos, acondicionamento intermediário nos pavimentos, transporte vertical para o térreo, transporte horizontal no térreo, armazenamento final no térreo, remoção e transporte para fora do canteiro)..... | 681 |
| 5.3.3.1.1 Classe A (cimentícios e cerâmicos; solos).....  | 681 |
| 5.3.3.1.2 Classe B (gesso; madeiras; metais; plásticos; papeis e papelões; isopor; sacarias; vidros).....   | 685 |
| 5.3.3.1.3 Classe C.....   | 701 |
| 5.3.3.1.4 Resíduos de Logística Reversa (pilhas e baterias, pneus inservíveis, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio ou mercúrio e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, outros).....   | 701 |
| 5.3.3.1.5 Classe D (perigosos).....   | 703 |
| 5.3.3.1.6 Rejeitos.....   | 703 |
| 5.3.4 Matrizes AHP preenchidas por decisores da obra 1.....   | 704 |
| 5.3.5 Documentação e registros da obra 1.....   | 717 |
| 5.3.5.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) da obra 1.....   | 717 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.3.5.2 Planilhas eletrônicas de controle de resíduos gerados em obra.....  | 721 |
| 5.3.5.3 Fichas de controle de transporte e recebimento de resíduos.....   | 723 |
| 5.3.5.4 Layout do projeto de canteiro da obra 1.....  | 723 |
| 5.3.5.5 Elementos referentes a aspetos conexos ao gerenciamento de RCC, também coletados na obra 1.....   | 725 |
| 5.3.6 Diagnóstico sobre o gerenciamento de RCC no canteiro da obra 1.....   | 729 |
| 5.3.7 Questionário.....   | 736 |
| 5.4 Estudo de caso – obra 2.....  | 742 |
| 5.4.1 A construtora, a obra e a localização.....  | 742 |
| 5.4.2 O contato inicial.....  | 742 |
| 5.4.3 Observação direta sem intervenção.....  | 743 |
| 5.4.3.1 Etapas de Manejo das Diferentes Classes e Tipos de Resíduos (triagem/segregação e acondicionamento inicial, coleta e transporte horizontal nos pavimentos, acondicionamento intermediário nos pavimentos, transporte vertical para o térreo, transporte horizontal no térreo, armazenamento final no térreo, remoção e transporte para fora do canteiro)..... | 743 |
| 5.4.3.1.1 Classe A (cimentícios e cerâmicos; solos).....  | 743 |
| 5.4.3.1.2 Classe B (gesso; madeiras; metais; plásticos; papeis e papelões; isopor; sacarias; vidros).....   | 745 |
| 5.4.3.1.3 Classe C.....   | 754 |
| 5.4.3.1.4 Resíduos de logística reversa (pilhas e baterias, pneus inservíveis, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio ou mercúrio e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, outros).....   | 754 |
| 5.4.3.1.5 Classe D (perigosos).....   | 755 |
| 5.4.3.1.6 Rejeitos.....   | 755 |
| 5.4.4 Matrizes AHP preenchidas pelos decisores da obra 2.....   | 755 |
| 5.4.5 Documentação e registros da obra 2.....   | 756 |
| 5.4.5.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) da obra 2.....   | 757 |
| 5.4.5.2 Planilhas eletrônicas de controle de resíduos gerados na obra 2.....  | 758 |
| 5.4.5.3 Planta de implantação da obra 2.....  | 761 |
| 5.4.5.4 Elementos referentes a aspetos conexos ao gerenciamento de RCC, também coletados na obra 2.....   | 762 |



|   |     |
|---|-----|
| 5.4.6 Diagnóstico sobre o gerenciamento de RCC no canteiro da obra 2.....                             | 764 |
| 5.4.6 Diagnóstico sobre o gerenciamento de RCC no canteiro da obra 2.....                             | 764 |
| 5.4.7 Questionário.....   | 792 |
| 6. ESTUDO DE CASO.....  | 799 |
| 6.1 Considerações gerais.....   | 799 |
| 6.2 Modelo matemático empírico de geração de RCC em edifícios verticais de média e grande altura..... | 799 |
| 6.2.1 Fatores que influenciam a geração de RCC em edifícios verticais de média e grande altura.....   | 799 |
| 6.2.1.1 Fatores de projeto.....   | 800 |
| 6.2.1.2 Fatores de produção / sistema produtivo.....  | 802 |
| 5.4.6 Diagnóstico sobre o gerenciamento de RCC no canteiro da obra 2.....                             | 764 |
| 5.4.7 Questionário.....   | 792 |
| 6.2.1.1 Fatores de projeto.....   | 800 |
| 6.2.1.2 Fatores de produção / sistema produtivo.....  | 802 |
| 6.2.2 Variáveis independentes e variável dependente do modelo.....                                    | 804 |
| 6.2.3 Metodologia e etapas de pesquisa subjacentes à formulação do modelo.....                        | 805 |
| 6.2.3.1 Estudo-piloto.....  | 806 |
| 6.2.3.2 Levantamento de dados.....  | 808 |
| 6.2.3.3 Tratamento de dados.....  | 812 |
| 6.2.4 Análise estatística dos dados e desenvolvimento do modelo empírico.....                         | 818 |
| 6.2.4.1 Análise descritiva dos dados coletados.....   | 818 |
| 6.2.4.2 Análise da variável dependente (Y).....   | 819 |
| 6.2.4.3 Análise das variáveis independentes.....  | 824 |
| 6.2.4.4 Análise de regressão.....   | 834 |
| 6.2.4.5 Modelo de estimativa de geração de resíduos em obras verticais residenciais.....              | 853 |
| 6.2.4.6 Aplicação do modelo para estimar a geração de resíduos das obras estudadas.....               | 867 |
| 6.3 Modelo matemático empírico de geração de RCC em edifícios verticais de baixa altura.....          | 870 |
| 6.3.1 Variáveis na geração de resíduos: dados coletados sobre as obras que compõem a amostra.....     | 870 |
| 6.3.1.1 Variável dependente – volume total de resíduos gerados ( $m^3$ ).....                         | 870 |

|  |     |
|--|-----|
| 6.3.1.2 Variáveis independentes relacionadas ao projeto.....   | 870 |
| 6.3.1.3 Variáveis independentes relacionadas à produção.....   | 871 |
| 6.3.2 Análise estatística dos dados e desenvolvimento do modelo matemático empírico.....   | 872 |
| 6.3.2.1 Análise descritiva dos dados coletados.....  | 872 |
| 6.3.2.2 Análise da variável dependente Y (volume total de resíduos gerados).....   | 872 |
| 6.3.2.3 Análise das variáveis independentes “X” do modelo.....   | 878 |
| 6.3.2.4 Correlação de Pearson entre variáveis independentes do modelo.....   | 881 |
| 6.3.2.5 Análise de regressão.....  | 909 |
| 6.3.2.6 Modelo matemático empírico de estimativa de resíduos em obras verticais residenciais.....  | 926 |
| 6.3.3 Teste de normalidade aos resíduos da regressão não padronizados.....   | 927 |
| 6.3.4 Teste de normalidade aos resíduos da regressão estudentizados.....   | 931 |
| 6.3.5 Gráficos de dispersão da variável dependente Y e das variáveis independentes X do modelo, em relação aos resíduos de regressão estudentizados..... | 934 |
| 6.4 Aplicação do modelo para estimar a geração de resíduos das obras estudadas.....  | 936 |
| 7. FERRAMENTA INFORMÁTICA DE APOIO AO GERENCIAMENTO.....   | 946 |
| 7.1 Ambientes de desenvolvimento.....  | 946 |
| 7.2 Programas livres de apoio ao gerenciamento de RCC’s em canteiros de obras verticais multifamiliares privadas, para uso de construtoras.....          | 946 |
| 7.3 Aplicação prática do Pdecisao e PEQ à obra 1.....  | 947 |
| 8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....   | 965 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 968 |

## **RESUMO**

As principais situações-problema com que as cidades se deparam, quase vinte anos após a implementação da resolução CONAMA n°307/2002, que veio para regulamentar as principais etapas do gerenciamento de RCC's, continuam estando relacionadas com disposições inadequadas de enormes quantidades produzidas dos mesmos. Muito foi feito desde então para melhorar este tipo de situação no país. Entretanto, a maioria das pesquisas acadêmicas sobre o tema quase sempre aborda essa problemática sob a perspectiva pública, municipal, a qual como é evidente é diferente da perspectiva dos construtores privados, até porque existe alinha de ruptura do lucro para as separar. Nesse sentido, mais do que uma pesquisa se preocupou em desenvolver ferramentas informáticas de apoio à gestão municipal dos RCC's. Contrariamente ao que acontece para os agentes privados (construtoras). Esta tese vem de algum modo para suprimir essa lacuna, com o desenvolvimento de dois programas livres (um deles baseado no MMAD AHP), e modelo matemático empírico, os quais trabalham juntos no sentido de tentar otimizar o gerenciamento dos RCC's produzidos em canteiros de edifícios verticais multifamiliares, e para auxílio aos construtores privadas brasileiras.

**Palavras-chave:** AHP; Gerenciamento de RCC; Canteiros de obras; Construção vertical multifamiliar

## **ABSTRACT**

The main problem situations faced by cities, almost twenty years after the implementation of CONAMA Resolution No. 307/2002, which came to regulate the main stages of the management of RCC's, continue to be related to inadequate destinations of huge quantities produced of these residues. Much has been done since then to improve this type of situation in the country. However, most academic research on the subject almost always addresses this issue from a public, municipal perspective, which of course is different from the perspective of private builders, not least because there is a line of profit break to separate them. In this sense, more than a survey was concerned with developing computer tools to support the municipal management of RCC's. Contrary to what happens for private agents (construction companies). This thesis comes in some way to bridge this gap, with the development of two free programs (one based on the MMAD AHP), and an empirical mathematical model, which work together to try to optimize the management of RCC's produced on construction sites of vertical multifamily buildings, and to assist Brazilian private builders.

**Keywords:** AHP; RCC management; Construction sites; Vertical civil construction

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 A SUSTENTABILIDADE – ASPETOS GERAIS

O gerenciamento dos resíduos de construção civil insere-se em temáticas mais gerais, que são nomeadamente as da sustentabilidade e da gestão ambiental.

Embora a degradação e a modificação ambiental sejam produto da ação do Homem sobre o planeta desde sempre, foi com a Revolução Industrial, a partir do século XIX, que esses problemas passaram a assumir proporções maiores. O trabalho produtivo, executado pelo trabalhador, passa a ser executado por máquinas, passando as tarefas artesanais a ter papel menos prestigiante. A concentração desordenada de pessoas em núcleos urbanos tem como consequências o individualismo, aumento da criminalidade, a decadência dos valores. O manejo de grandes volumes de materiais e produção de energias dá origem à geração de detritos e poluentes, e à degradação do meio ambiente.

Os tempos em que o ambiente natural podia ser visto fonte inesgotável de recursos disponíveis para servir às necessidades humanas caminhavam para o final, a passos largos, sem que o Homem sequer se apercebesse disso. O ciclo produtivo da sociedade de consumo retirava da natureza os insumos necessários para a produção de alimentos e bens de consumo, atividades fabris e outras, fazendo retornar à natureza resíduos sólidos e efluentes líquidos em grandes quantidades, causando poluição e esgotamento dos recursos.

As preocupações ambientais assumiram particular destaque a partir da segunda metade do século XX, sendo o Clube de Roma, fundado em 1966 pelo industrial italiano Aurelio Peccei e pelo cientista escocês Alexander King um marco de referência a esse propósito. Acabou reunindo um grupo de pessoas ilustres para debater um grande conjunto de assuntos ligados à política, economia internacional, mas também com foco no meio ambiente e no desenvolvimento sustentável.

De acordo com Fossati (2008), esse desafio estava lançado, e a partir dos anos 70 observa-se a evolução da preocupação internacional em relação às consequências da então atual forma de desenvolvimento, em virtude da constatação da velocidade de deterioração, e até mesmo da eliminação, de alguns recursos ambientais.

Em 1972 publica-se o livro “Os Limites do Crescimento”, da autoria de Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, e Jorgen Randers. O livro foi comissionado pelo já referido Clube de Roma, e modelou as consequências do crescimento rápido da população mundial,

considerando os recursos naturais limitados. Utilizou o sistema computacional World3 para simular as consequências da interação entre os sistemas do planeta Terra com os sistemas humanos. Cinco variáveis foram estudadas, no modelo original, assumindo-se que o crescimento exponencial descreve com acurácia seus padrões de crescimento: população mundial, industrialização, poluição, produção de alimentos e esgotamento de recursos. No livro é prevista uma diminuição significativa da população mundial durante o século XXI em função de um colapso econômico e social.

Segundo Fossati (2008), convenções internacionais passam a ser realizadas e metas definidas para a desaceleração do consumo de recursos naturais, sendo a primeira delas a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (Estocolmo, 1972).

Depois dela outras se seguiram, como a Convenção de Viena para Proteção da Camada de Ozônio (Viena, 1985), o Protocolo de Montreal (Montreal, 1987), a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento - ECO-92 (Rio de Janeiro, 1992), a Conferência das Nações Unidas de Istambul (Istambul, 1996), o Protocolo de Kyoto (Kyoto, 1997).

Em todo o processo outras referências importantes surgiram, sendo a principal delas o Relatório Brundtland (1987), que resulta da criação pela Assembleia das Nações Unidas, em 1983, de uma comissão especial, a chamada Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Essa comissão foi chefiada pela primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, e elaborou um documento intitulado “*Our Common Future*” (Nosso Futuro Comum), que incluía o referido relatório.

O Relatório Brundtland cunhou então o termo “Desenvolvimento Sustentável”, que é tido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.

Dentro das temáticas desenvolvidas e resultados mais importantes obtidos nas conferências e comissões anteriormente referidos, temos os seguintes:

Na Conferência de Estocolmo (1972), foram abordados temas relacionados principalmente com a poluição atmosférica e de recursos naturais. As discussões contaram com a presença de chefes de 113 países, e de mais de 400 instituições governamentais e não governamentais. Verificou-se um confronto bastante claro entre as posições dos chamados “países desenvolvidos” e dos “países em desenvolvimento”. Os primeiros pretendiam a redução imediata do ritmo de industrialização (principal causa de degradação do meio ambiente), e os segundos recusaram-se a assumir quaisquer compromissos que limitassem a sua capacidade de crescimento. Tornou-se desse modo impossível chegar a um acordo. No entanto, foi concebido um importante documento designado “Declaração da

Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano”, adotado em 6 de junho de 1972, o qual constituiu o primeiro documento do direito internacional a reconhecer o direito humano a um meio ambiente de qualidade, que é aquele que permite ao homem viver com dignidade. Ademais, a conferência teve um papel irrefutável em introduzir a problemática ambiental entre as prioridades dos governos dos países, e na conscientização da população, pois pela primeira vez o mundo dirigiu sua atenção para os problemas do crescimento da população absoluta global, da poluição atmosférica e da intensa exploração dos recursos naturais.

A Convenção de Viena (1985) trouxe uma nova ótica sobre a questão ambiental, agora preventiva. Seus principais objetivos foram os de proteger a saúde humana e o meio ambiente contra os efeitos adversos resultantes das atividades que modificam a camada de ozônio, tais como o aquecimento global, o derretimento das calotas polares e a proliferação de doenças como o câncer de pele. O mecanismo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), instrumento típico de prevenção, tornou-se uma condição a ser cumprida para obtenção de concessões para implantação de projetos possivelmente nocivos ao meio ambiente.

No Protocolo de Montreal (1987), sobre substâncias que empobrecedoras da camada de ozônio, os países signatários comprometeram-se a substituir as substâncias que demonstrassem, a partir de 16 de Setembro de 1987, prejudicar a referida camada. O protocolo passou a regular a produção e o consumo de 15 tipos de CFC que eram as principais fontes de destruição do ozônio. Foi encomendado estudo para achar uma nova forma de substituir os produtos destruidores por outros sem malefícios. Estipulou-se um prazo de dez anos para que os países se comprometessem a eliminar o uso desses 15 tipos de CFC. Em sua substituição foi então proposto o uso do que hoje se usa, butano e o propano, os quais apresentam uma boa aceitação das indústrias. Entrou em vigor em 1 de Janeiro de 1989. Teve a adesão de 150 países, sendo depois sido sucessivamente revisado em 1990, 1992, 1995, 1997 e 1999.

Na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, ECO-92 (Rio de Janeiro, 1992), representantes de cento e oito países decidiram que medidas tomar para conseguir diminuir a degradação ambiental e garantir a existência de outras gerações. A conferência teve como resultado mais geral a aprovação da “Declaração do Rio”. Além da sensibilização das sociedades e das elites políticas, a conferência teve como resultado a produção de alguns documentos oficiais fundamentais, que foram: a “Carta da Terra”, a “Convenção sobre Diversidade Biológica” (tratando da proteção da biodiversidade), a “Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação” (tratando da redução da desertificação), e a “Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima” (tratando das mudanças climáticas globais), a “Declaração de Princípios sobre Florestas”,

a “Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento” e a “Agenda 21”, sendo esta última considerada o mais significativo resultado da conferência. A “Agenda 21”, apresenta um plano de ação para o desenvolvimento sustentável a ser adotado pelos países signatários, a partir de uma nova perspectiva para a cooperação internacional. Constitui um amplo plano de ação visando o desenvolvimento sustentável a médio e longo prazo. A estratégia de atuação estrutura-se a partir de quatro grandes temas: os desafios ambientais, que tratam da conservação e do gerenciamento de recursos para o desenvolvimento; a questão do desenvolvimento sustentável, com as suas dimensões econômicas e sociais; o papel dos grupos sociais na organização e fortalecimento da sociedade humana, e os meios de implementação das iniciativas e projetos, para a sua efetivação, o que compreende as bases para o encaminhamento de iniciativas voltadas à obtenção de melhores condições ambientais e de vida. A sua elaboração foi feita de forma que possa ser desdobrada em diferentes níveis: global, nacional, e níveis locais, dentro dos próprios países. Tavares (2007), refere que o governo brasileiro, embasado na Agenda 21, deu início ao processo de elaboração da própria Agenda 21 brasileira, apresentada em 2002. Estados e municípios têm discutido agendas 21 regionais e locais, onde se destaca a necessidade de uma ampla participação social no processo, em conjunto com a contribuição da educação ambiental.

Na Conferência das Nações Unidas de Istambul (1996) foi produzida a “Agenda Habitat II”, onde os profissionais do setor da construção civil definiram a aplicação do desenvolvimento sustentável para o mesmo, pondo em evidência riscos para a saúde por parte de certos materiais como o amianto. A repercussão foi imediata, despertando interesse da opinião pública na preservação do meio ambiente e na criação de um entorno saudável.

No Protocolo de Kyoto (1997), tratado internacional discutido e negociado no Japão na cidade com o mesmo nome, definiram-se compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito de estufa, considerados pela maioria das pesquisas científicas como a principal causa do aquecimento global. O protocolo foi aberto para assinaturas por parte dos países signatários a partir de 11 de dezembro de 1997, e foi ratificado em 15 de março de 1999. Para que o mesmo entrasse em vigor foi necessário que cinquenta e cinco países, os quais no seu total representavam também 55% das emissões globais de gases de efeito de estufa, o ratificassem. Acabou entrando em vigor em 2005 com a assinatura da Rússia. O referido protocolo propôs um calendário, pelo qual os países-membros (principalmente os desenvolvidos) tinham a obrigação de reduzir a emissão de gases do efeito estufa em pelo menos 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012. Esse período foi chamado de “primeiro período de compromisso”. As metas de redução não foram iguais para todos os países, colocando níveis diferenciados



para os trinta e oito países que emitem mais gases. Países que na época estavam em franco desenvolvimento, como Brasil, México, Argentina e Índia, não receberam metas de redução naquele instante. A redução dessas emissões deverá acontecer em várias atividades econômicas. O protocolo estimula os países signatários a cooperarem entre si, através de algumas ações básicas como sejam: reformar os setores de energia e transporte, promover o uso de fontes energéticas renováveis, eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da convenção, limitar as emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos e proteger florestas e outros sumidouros de carbono. Se o protocolo for implementado com sucesso, estima-se que a temperatura global reduza entre 1,4°C e 5,8 °C até 2100, no entanto há comunidades científicas que afirmam que a meta de redução de 5,2% em relação aos níveis de 1990 é insuficiente para a mitigação do aquecimento global.

Mais recentemente, foi estabelecido o chamado “Acordo de Paris”, em 2015, que é um tratado UNFCCC (sigla em inglês para Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), e que rege medidas de redução de emissão dióxido de carbono a partir de 2020. O acordo foi negociado durante a COP-21, em Paris e foi aprovado em 12 de dezembro 2015.

O objetivo da convenção está descrito no artigo 2º, "o reforço da implementação" da UNFCCC através de: "(a) Assegurar que o aumento da temperatura média global fique 2°C abaixo dos níveis pré-industriais e prosseguir os esforços para limitar o aumento da temperatura a até 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, reconhecendo que isto vai reduzir significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas; (b) Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas e promover a resiliência do clima e o baixo desenvolvimento de emissões de gases do efeito estufa, de maneira que não ameace a produção de alimentos; (c) Criar fluxos financeiros consistentes na direção de promover baixas emissões de gases de efeito estufa e o desenvolvimento resistente ao clima."

A temática da sustentabilidade abrange outras preocupações que não apenas as de cariz ambiental. Assim, haverá que se lhes juntar também os assuntos inerentes à responsabilidade social e à própria rentabilidade econômica das atividades produtivas. É o que se convencionou chamar de “*triple bottom line*”. As três vertentes têm obrigatoriamente que ser consideradas de forma conjunta.

## 1.2 A SUSTENTABILIDADE E A CONSTRUÇÃO CIVIL

Entre todos os setores produtivos que possam ser considerados, o da construção civil será certamente um dos maiores vilões (porventura o maior), no que diz respeito ao consumo dos recursos naturais e à quantidade de materiais descartados para o meio ambiente, até pelo próprio peso econômico que representa na economia do país. Acresce que na problemática dos resíduos de construção civil ainda podem ser considerados não apenas os gerados pelas obras mas por toda a cadeia produtiva do setor.

Assim, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção, Abramat (ABRAMAT, 2008), a cadeia produtiva da construção civil inclui a indústria da construção, a indústria de produção dos materiais de construção civil, os serviços de construção civil, comércio de materiais de construção, outros fornecedores, e as máquinas e equipamentos para construção.

Nesse contexto, e ainda de acordo a Abramat (ABRAMAT, 2008), a cadeia produtiva da construção civil representava em 2007 aproximadamente 8,5% do PIB brasileiro. Nos anos seguintes, e até em face do “boom” registrado entre os anos de 2008 e 2012 no setor, para cobrir o déficit habitacional do país, através de programas como o PAC e outros, o seu peso na economia tornou-se ainda maior. Entretanto a tendência inverter-se-ia acompanhando a própria evolução da economia brasileira em anos mais recentes.

Tavares (2007), refere que em suas diversas atividades tais como construção, reformas, manutenção e demolição, a Construção Civil dá origem a uma significativa massa de resíduos (RCC/RCD), os quais são prejudiciais ao meio ambiente, causando grandes impactos no mesmo.

Assim, segundo John, V.M. (2009), a construção civil era à época responsável por 15 a 50% do volume de recursos naturais consumidos e contribuía com 40 a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos produzidos. Trata-se portanto de valores bastante significativos, os quais não têm paralelo em nenhum outro setor industrial. Nessa conformidade, torna-se obrigatório a concordância com John, Silva e Agopyan (2001), quando os autores afirmam “...fica patente que não há desenvolvimento sustentável sem construção sustentável. Conseqüentemente, qualquer sociedade que procure atingir um desenvolvimento mais sustentável precisa necessariamente passar pelo estabelecimento de políticas ambientais específicas para a construção civil.” Atrever-se-ia o pesquisador a afirmar que a otimização do gerenciamento dos resíduos de construção e demolição será certamente uma dessas políticas.

Um pouco por todo o lado no país continua a verificar-se a geração de grandes quantidades de entulhos nas obras, evidenciando desperdícios irracionais de materiais, o

que acontece desde as fases de extração, a montante, passando pelo transporte, e chegando à utilização dos materiais em obra. Outro ponto preocupante dessa questão é a não realização, grande parte das vezes, da segregação dos materiais que daí resultam e que vão para descarte, o que gera a contaminação dos mesmos, os quais poderiam ser reciclados e novamente empregados nas obras de engenharia.

De acordo com Mendes, T.S. (2014), o ônus desta irracionalidade é distribuído por toda a sociedade, não apenas devido ao aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento desses entulhos. Os resíduos são retirados das obras e dispostos clandestinamente em locais como terrenos baldios, margens de rios e de ruas das periferias, gerando uma série de problemas ambientais e sociais, como a contaminação dos solos por gessos, tintas e solventes. Decorrente disso registra-se proliferação de insetos e outros vetores de doenças, contribuindo para o agravamento de problemas de saúde pública.



Figura 1 – Residências próximas à área do depósito provisório - ausência de cercas e riscos de vetores de doenças (Fonte: Tavares, 2007)

Agopyan e outros (2003), enfatizam que os resíduos gerados na construção civil têm origens nas perdas e desperdícios em todas as etapas, incluindo, portanto, as fases de concepção, execução e utilização.

Segundo os autores, quase sempre ocorre uma diferença entre a quantidade de material prevista de forma otimizada, na fase de projeto, e a quantidade efetivamente utilizada em obra. As perdas e desperdícios podem assim ser divididos em dois grupos: aqueles que saem das obras, os chamados entulhos, e aqueles que ficam incorporados nas obras, como por exemplo em sobreespessuras de emboços.

De acordo com Agopyan e outros (2003), estima-se que cerca de 50% dos desperdícios sejam incorporados às próprias obras, resultando nas denominadas perdas incorporadas, e que outros 50% saiam na forma de entulho.

No entanto podem haver diferenças significativas em valores percentuais entre estas parcelas de acordo com as metodologias de projeto e de construção. Dentro do sistema construtivo tradicional o gesso costuma constituir o item de maiores desperdícios. Já o concreto usinado costuma apresentar valores percentuais de desperdício pouco significativos.

Espinelli (2005), refere a importância da natureza das obras, chamando a atenção para o fato de que o maior potencial de geração de entulhos é de pequenas construções e reformas. Essas atividades de reformas e ampliações, que são muitas vezes construções informais, ilegais e isentas de licenciamento, representam isoladamente pequenas quantidades de RCC/RCD, no entanto a soma das quantidades geradas resulta em valores com bastante significado, em função da alta frequência desse tipo de serviços.

O problema do gerenciamento dos resíduos de construção civil, que na literatura acadêmica nacional são normalmente tratados pela sigla RCC, sendo que no exterior é muitas vezes adotada em alternativa a expressão resíduos de construção e demolição (RCD), é uma questão que normalmente é abordada segundo a perspectiva das municipalidades, que é uma perspectiva externa em relação ao canteiro.

Trata-se também de uma abordagem segundo os interesses e as preocupações dos agentes públicos, os quais não são parte das vezes rigorosamente coincidentes com os do setor privado, representado pelos construtores. Desde logo porque no primeiro caso o lucro pode não ser uma preocupação, enquanto que no segundo não poderá nunca deixar de ser.

Ademais, os relativamente poucos trabalhos acadêmicos que focam sobre RCC em canteiro de obra, acabam tratando de aspetos como geração (quantitativos de geração), ou outros aspetos específicos, mas sem questionarem a fundo o processo do gerenciamento em si mesmo e como um todo.

Um canteiro de obras sem um gerenciamento efetivo de resíduos acaba contribuindo para um “relaxamento” do rigor do próprio processo construtivo (relaxamento natural dos operários, uso inadequado dos materiais)

Nesse sentido o interesse da presente pesquisa apresenta-se válida.

Em função das discussões apresentadas neste capítulo introdutório, esta tese será estruturada e apresentada em 7 capítulos subsequentes, a saber:

- ✓ **Capítulo 2** : apresenta a justificativa da tese

✓ **Capítulo 3:** revisão fundamentação teórica/revisão bibliográfica onde serão abordados assuntos como legislações e normas nacionais sobre (ou correlacionadas) a RCC/RCD (resolução CONAMA 307/2002 e suas posteriores revisões, lei federal nº 12.305/2010, a qual traduz a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os PGRCC, que são os conteúdos da PNRS que mais dizem respeito aos grandes geradores de resíduos da construção civil, onde se incluem as construtoras, as normas NBR 15112:2004, NBR 15113:2004, e 15114:2004, que são as normas para uma disposição correta de RCC/RCD), análise custo-benefício (ACB), seus principais indicadores e limitações deste tipo de análise, uma breve resenha sobre apoio à decisão, sistemas de informação e sistemas de apoio à decisão, métodos multicriteriais, em especial o método AHP e o porquê da sua escolha, com uma revisão bibliográfica relativamente extensa e detalhada sobre alguns trabalhos científicos a respeito de situações onde este método foi usado, canteiro de obra, resíduos, em especial os RCC/RCD que são os resíduos da construção civil também chamados de resíduos de construção e demolição, sua situação em várias regiões do globo e as etapas e os objetivos do seu gerenciamento.

✓ **Capítulo 4:** Metodologia de pesquisa, onde se incluem considerações iniciais e a classificação da pesquisa quanto aos seus vários aspectos (natureza, forma de abordagem do problema, objetivos a serem alcançados, fontes de informação), os procedimentos metodológicos, instrumentos de pesquisa, participantes da mesma, cronograma e fluxograma de pesquisa.

✓ **Capítulo 5:** Estudo de caso, onde se descrevem os acompanhamentos/visitas de campo feitas, os registros efetuados, entrevistas, como foi definida a hierarquização do problema e escolha de critérios e variáveis para aplicação do método AHP, e o desenvolvimento do sistema informatizado que complementa o AHP no apoio à decisão.

✓ **Capítulo 6:** apresenta os resultados do Estudo de caso quanto ao gerenciamento de RCC em canteiros de obras (construção civil vertical) e quanto à aplicação do método AHP ao problema, e o sistema informatizado.

✓ **Capítulo 7:** traz as conclusões do trabalho, bem como suas contribuições, limitações e sugestões para futuras pesquisas.

### **1.3 O PROBLEMA DA PESQUISA**

Segundo Gil, A.C. (1999), e na óptica científica, um problema é qualquer questão não resolvida e que é objeto de discussão, em qualquer dos domínios do conhecimento

humano. Também Kerlinger, F.N. (1980) afirma que problema é uma questão que mostra uma situação necessitada de discussão, investigação, decisão ou solução. Portanto, problema é, ou tem a ver, com uma questão/pergunta que a pesquisa pretende resolver. Ou seja, o problema de pesquisa é uma situação que conduz á formulação de uma pergunta que depois a pesquisa tratará ou tentará resolver, dando uma resposta para a mesma. Para chegar à pergunta, deverá então ser feita toda uma contextualização que traduz uma descrição da situação.

No nosso caso **o problema de pesquisa é:** como reduzir as elevadas quantidades de resíduos de construção civil gerados em canteiros de obras do setor, pelas construtoras, e melhorar os fluxos desses mesmos resíduos, de forma a que existam menos quantidades a terem que ser conduzidas a destinações ambientalmente adequadas (destinações finais)?

#### **1.4 A HIPÓTESE DA PESQUISA E OS FUNDAMENTOS**

A **hipótese** de partida para o problema é a de que existem excessivas perdas de recursos materiais que levam a uma alta taxa de geração de RCC nas obras, e que isso acontece por uma clara falta de gestão adequada de RCC na maioria dos canteiros de obras.

Como **fundamentos** para essa hipótese temos as afirmações de vários autores, como por exemplo Tavares (2007), que refere que em suas diversas atividades tais como construção, reformas, manutenção e demolição, a C.C. dá origem a uma significativa massa de resíduos (RCC/RCD). Também John, V.M. (2009), afirma que a C.C. era à época responsável por 40% a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos, e que se tratava de valores que não tinham paralelo com nenhum outro setor industrial. Ainda Agopyan e outros vêm atestar que 50% dos desperdícios gerados nas obras saem das mesmas sob a forma de entulho.

#### **1.5 PROPOSTA DE ESTUDO**

A proposta desta tese é estudar a situação do gerenciamento dos RCC em dois canteiros de obras de construção civil verticais de construtoras, no sentido de conseguir melhorar esse mesmo gerenciamento. A definição de canteiro de obras será apresentada mais adiante.

## **1.6 OBJETIVO GERAL**

A presente pesquisa tem como objetivo geral fazer uma análise crítica aos modelos de gerenciamento de RCC em canteiros, se é que esses modelos existem de uma forma perfeitamente acabada/definida, pois a noção que se tem é a de que quem hoje (as construtoras) está fazendo gerenciamento de RCC em canteiro ainda está aprendendo com seus próprios erros, está aprendendo com sua própria experiência, ainda está “apanhando com as indas e vindas” do processo, fazer essa análise para produzir uma ferramenta informática de apoio à decisão quanto ao gerenciamento de RCC em canteiros de obras verticais multifamiliares, para uso das construtoras.

### **1.6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar diagnóstico dos principais itens/etapas que compõem o gerenciamento de RCC em 3 canteiros de obra (estudos de caso);
- Verificar e analisar o atual estágio de implantação da legislação vigente nos canteiros estudados;
- Estudar a lógica e o “modus operandi” do gerenciamento de RCC nas obras objeto de estudo de caso;
- Estudar a gestão de RCC em canteiros de obra noutros países, como subsídio para o objectivo principal, fazendo as adaptações necessárias;
- Propor um modelo de gestão de RCC para construtoras brasileiras;
- Desenvolver ferramenta informática de apoio à gestão privada dos RCC, no qual usuários possam gerenciar: produção, manejo e destinação final desses resíduos.

## **2. JUSTIFICATIVA**

O fenômeno da urbanização e o conseqüente adensamento das cidades obrigaram a uma mudança no conceito de progresso, quando se passou a perceber que o mesmo só atinge a sua plenitude quando também consideradas as questões ambientais. O aparecimento do conceito de desenvolvimento sustentável, que visa não apenas o momento atual mas o momento futuro, fez com que a sociedade se tornasse cada vez mais exigente em relação ao meio ambiente.

A geração de resíduos sólidos tornou-se um problema cada vez mais complicado de resolver nos meios urbanos, demandando uma atenção cada vez maior por parte das autoridades públicas, isto porque o volume gerado é cada vez maior, devido ao constante crescimento populacional, acrescido de uma cultura de consumo de produtos descartáveis cada vez maior. Um sério agravante relativo aos resíduos sólidos urbanos é a escassez de espaços físicos apropriados para a destinação desses resíduos. Entre as várias frações de Resíduos Sólidos Urbanos, o chamado entulho da construção civil, ainda que não esteja entre os mais tóxicos, se destaca devido ao seu considerável volume, e pela grande quantidade gerada, chegando a atingir mais de 50% de todo o resíduo sólido urbano.

No que diz respeito às porcentagens ou quantitativos (representatividade) dos resíduos da construção civil em relação ao total dos resíduos sólidos urbanos os dados variam segundo os autores. Assim, enquanto Bidone, F.R.A. (2001) refere uma relação de 1 tonelada de lixo urbano recolhido para cada 2 toneladas de Resíduos da Construção e Demolição (RCD), Pinto, T. de P. (1999), indica que a massa de RCC varia entre 41% a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos. Já John, V.M. (2001) refere valores de RCC/RCD que podem variar entre os 300 a 500Kg/hab.dia, podendo em alguns casos chegar mesmo aos 1.300Kg/hab.dia. Pinto, T. de P. e Gonzáles, J.L.R. (2005), num estudo realizado em dez municípios do Estado de São Paulo, chegam a valores de RCC/RCD que variam entre um mínimo de 50% dos respectivos RSU até um máximo de 70% dos mesmos. O mesmo John, V.M. (2009) e numa outra publicação, afirma que os RCC/RCD variam entre 40% a 70% dos resíduos sólidos urbanos produzidos no país. Todos estes números apresentados são elucidativos de quanto importante é uma boa gestão dos RCC/RCD.

Acresce que o rápido crescimento das cidades de médio e grande porte no Brasil, com os seus contínuos serviços de construção, reforma e demolição de edificações e de infra-estrutura urbanas, vem aumentando a geração de RCC (Resíduos Sólidos da



Construção Civil). O incremento da geração, somado com alguma falta ainda de políticas municipais específicas para os RCC, agravam os problemas dos municípios com a coleta, transporte e disposição dos resíduos sólidos urbanos, sendo frequentemente observada a prática de disposição ilegal dos RCC em locais não adequados, tais como ruas, calçadas, terrenos baldios, encostas e leitos de córregos e rios.

Optimizar portanto o gerenciamento desse enorme volume de RCC/RCD diariamente é um dos principais desafios não só das administrações municipais como das empresas construtoras, pois os RCC/RCD quando descartados em áreas inadequadas acarretam problemas gravíssimos ao meio urbano, não só sob o ponto de vista ambiental como socialmente, por se tornarem focos de proliferação de doenças.

Por outro lado deveria haver uma correta separação, uma triagem/segregação logo à partida, dos RCC no canteiro de obra, o que na esmagadora maioria dos casos não é realizado. Não adianta tentar reciclar apenas os resíduos quando eles já foram todos misturados uns com os outros ou até mesmo levados para locais de depósito. Qualquer ação de beneficiamento e reciclagem dos mesmos que possa ser feita só depois que os RCC/RCD atravessem os limites externos da obra, já não poderá garantir a 100% uma boa qualidade dos materiais daí provenientes, a serem reincorporados no ciclo produtivo, para além de que a contaminação/mistura de resíduos de vários tipos entre si diminui o potencial de reciclagem e diminui o próprio valor comercial do resíduo.

Ademais, quantificar os RCC no Brasil não é a mesma coisa do que quantificar os resíduos na maioria dos países europeus, por exemplo. Isto porque os processos construtivos dominantes num e noutro lado são diferentes, os materiais são diferentes, as naturezas das obras são diferentes, e portanto os resíduos gerados (quantidades e composição por classes) acabam sendo diferentes também.

Assim, veja-se que enquanto no Brasil existe neste momento uma significativa fatia de construção de casas populares ao abrigo do programa “minha casa minha vida”, casas para populações de baixa renda, e onde os materiais de acabamento naturalmente não terão a mesma natureza do que construções de padrão mais elevado, na maioria dos países europeus, onde as grandes e médias cidades apresentam construções muito antigas, uma significativa porção das obras são obras de reforma e reabilitação, com consequentes demolições de prédios antigos, com materiais que muitas vezes já nem se usam mais hoje em dia.

Além disso, muitos desses países europeus já são confrontados nos dias de hoje com uma carência de locais de extração de recursos naturais, sobretudo os da Europa do Norte, que o Brasil ainda não tem. Daí a preocupação e o rigor desses países numa triagem

dos resíduos feita logo na fonte, e até o quantitativo total de resíduos reaproveitados é muito maior do que no nosso país.

Pinto, T. de P. (1999), produziu um estudo acadêmico tendo por tema a proposição de uma metodologia para a gestão diferenciada dos resíduos sólidos na construção urbana. Faz uma caracterização bastante aprofundada da geração dos resíduos sólidos urbanos no país, entre os quais os RCC, e compara até com as realidades sobre esses materiais em outros países. No entanto, a abordagem de Pinto é uma abordagem mais macro, e que vem de fora do canteiro para dentro, e não de dentro para fora. Ela é feita na perspectiva do município, e não sob a perspectiva da construtora. A pesquisa de Pinto, T. de P. (1999) teve entretanto bastante impacto, sendo seguida por outros autores.

Baasch, S.S.N. (1995), desenvolveu um *software* a partir de um método multicritério de apoio à decisão, mas esse software, construído segundo a linguagem de programação C++, tinha por foco auxiliar a gestão dos resíduos sólidos nos municípios catarinenses. Ou seja, uma vez mais o foco é a gestão municipal dos RCC, segundo a perspectiva pública portanto, e não a gestão dos mesmos dentro do canteiro, segundo a perspectiva das construtoras.

Fraga, M.F. (2006), desenvolve dissertação onde não só faz uma caracterização da geração de RCC em Belo Horizonte, como propõe uma série de medidas para minimização da geração desses resíduos, mas medidas essas cujo foco são as etapas de projeto e planejamento de obras, e não a de execução das mesmas.

Pucci, R.B. (2006), estuda a logística dos RCC atendendo à Resolução nº 3007/2002, analisa tanto os ambientes interno como externo às empresas, propõe um plano de gestão de RCC, mas não um *software* de apoio à decisão sobre gerenciamento de RCC.

Araújo, V.M. (2009), elabora estudo acadêmico onde define um conjunto de práticas recomendadas para uma gestão mais sustentável de canteiros de obras. Essas práticas têm por base diretrizes tecnológicas e gerenciais, e a elaboração de um guia que propõe uma estratégia para implantação de canteiros mais sustentáveis.

Marques Neto, J.C. (2009), na sua tese de Doutorado, desenvolve um *software* informático de apoio à decisão, na gestão municipal na bacia hidrográfica do Turvo Grande, que envolve vários municípios. Dos trabalhos consultados, em território nacional, é um dos três únicos que o faz. No entanto trata-se de um sistema para apoio à gestão municipal, ou seja, na perspectiva pública, e sob uma visão de fora para dentro do canteiro.

Hamada, P. (2011), desenvolve uma interessante dissertação, onde chega a um índice de qualidade de gestão de resíduos sólidos urbanos, com embasamento num método

multicriterial, o método AHP, aplicando-o em três municípios do interior paulista com características diferentes, um deles de pequeno porte (Lençóis Paulista), outro de médio porte (Bauru) e outro de grande porte (Sorocaba), mas de novo, o foco da dissertação são os RSU, ou seja, é a perspectiva do município, da parte externa ao canteiro, e não a perspectiva das construtoras, dentro do canteiro. De todo modo também não se trata de nenhum *software*.

Martins, F.G.M. (2012), desenvolve pesquisa cujo objetivo principal foi analisar o gerenciamento de RCC em duas obras de grande porte, respectivamente: a construção da Arena Pernambuco-PE, e da Arena Fonte Nova-BA, após a regulamentação das resoluções CONAMA n° 307/2002, 431/2011 e 448/2012, e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Decreto n° 7404/2010, que regulamenta a Lei n° 12305. No entanto o tipo de obra escolhido não é muito representativo do setor, trata-se de obras esportivas de grande porte. E não desenvolve modelo de otimização.

D’Oliveira, M.C.P., Picanço, A.P. e Andrade, A.M. (2014), desenvolvem e aplicam na região de Palmas –TO, um *software* de apoio à gestão municipal dos RCC, a que chamaram de GIRASSOL, que trabalha com imagens por satélite, e que permite relacionar os pontos de demanda no município, que são as obras em construção, e os locais regulares existentes para destinação dos RCC. O que o *software* faz é o seguinte: 1 - Identifica os pontos onde estão alocadas as caçambas de coleta; 2 - Define em quais lotes está acontecendo uma obra; 3 - Estima a capacidade de trabalho (produtividade) das empresas de caçamba; 4 - Define em quais e quantas obras não existem caçambas locadas. Basicamente, o sistema auxiliará a gestão operacional da coleta de RCD por meio da geração, análise e avaliação de possíveis cenários de operação deste tipo de coleta. Mas como se vê e uma vez mais, trata-se de um sistema de apoio à municipalidade, em que o problema é analisado da parte de fora do canteiro, e não na perspectiva dos interesses dos construtores, com uma visão de dentro para fora do canteiro.

Por outro lado noutros países, nomeadamente na Europa, tem sido possível avançar um pouco mais na problemática da gestão dos RCD (RCC), ao que não será estranho o fato de alguns desses países terem problemas mais graves do que o Brasil no que diz respeito a locais para destinação final dos resíduos.

Assim, vários países e várias Universidades, entre as quais a Universidade do Minho, no seu polo de Guimarães (Azurem), bem como a Universidade de Dresden e outras, juntaram-se no sentido de colaborarem num projeto, a que chamaram de projeto WAMBUCO, a partir de 2002, e como resultado conseguiram elaborar o primeiro Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios, o qual visa proporcionar, a todos os

agentes envolvidos, um instrumento de aplicação imediata para a avaliação das atividades de construção planeadas em termos da sua relevância na geração de resíduos e noutros aspectos relacionados com a gestão de resíduos. O Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios dirige-se principalmente a: donos de obra, gestores de projetos, empresas de construção, arquitetos, empresas de recolha e tratamento de resíduos, produtores e retalhistas de materiais de construção. Um dos importantes impulsionadores e coordenadores deste projecto foi o Professor Doutor Said Jalali, da Universidade do Minho.

São vários os desafios que se colocam à elaboração de uma ferramenta informática de apoio à gestão privada de RCC, em canteiro de obra. Desde logo contribuir para o menor impacto ambiental possível da obra. Depois também, a contribuição para uma melhor integração entre as várias etapas do gerenciamento de RCC no canteiro. Estabelecer relações de causa e efeito entre várias variáveis independentes (entradas) para determinar o melhor valor para uma ou duas variáveis dependentes (saídas). Poder analisar e fornecer relatórios de gestão de resíduos com informações sobre vários cenários diferentes. Fazer uma quantificação o mais detalhada possível dos tipos de RCC gerados em obra.

Para conseguir vencer os desafios que se lhe colocam e chegar ao objetivo a que se propõe, a pesquisa terá que se valer entre outros dos seguintes meios e métodos:

- Verificar qual a forma como as empresas em causa organizam os seus processos de elaboração de orçamento para concurso, se neles já estão previstas as gerações de resíduos, e qual o resultado que passam daí para a obra a esse respeito;
- Verificar se existem planilhas de controladoria de resíduos de obra nas empresas;
- Enviar questionários a um conjunto significativo de empresas acerca de como elaboram os seus procedimentos de gestão de RCC, e pedir-lhes o favor de repassarem os dados sobre percentuais de resíduos que daí conseguiram apurar;
- Estabelecer rotinas rígidas de controle dos materiais em colaboração com o Eng. De Obra e o seu setor de almoxarifado, administrativo, contabilidade, e betoneirista;
- Conseguir pesar pelo menos uma parte da obra;
- Fazer uma análise estatística dos quantitativos de resíduos apurados nas obras que constem de banco de dados elaborado, de forma a conseguir “afinar a malha” e descartar resultados não representativos;

Pelo atrás exposto se demonstra que, apesar de existirem várias pesquisas que se desenvolvem sobre a temática do gerenciamento dos RCC, não há antes de tudo o mais um banco de dados suficientemente representativo relativo a número vasto de obras, onde tenham sido determinados quantitativos de resíduos gerados, ou sequer que relação entre

fatores ou quais relações influenciam a variação desses quantitativos. Ou seja, a primeira dificuldade já é a de criar esse banco de dados, o que constitui mais um desafio para a presente pesquisa. Mais ainda, não existe até agora no Brasil uma ferramenta informática de apoio ao gerenciamento dos RCC na perspectiva do executor, o empreiteiro, ou seja, focado no canteiro.

Donde, fica demonstrada a **relevância da pesquisa**, e com o desenvolvimento da ferramenta informática, demonstrada a **originalidade da pesquisa**.

Ademais, o gerenciamento dos RCC em canteiros de obra, enquadra-se na questão do reaproveitamento dos recursos naturais, e numa perspectiva mais ampla ainda, no âmbito da sustentabilidade. Qualquer ferramenta que permita a diminuição da quantidade de resíduos da construção civil nos canteiros de obra, multiplicando a sua aplicação pela quantidade de canteiros existentes no país, significará uma diminuição de deposições finais de resíduos, nomeadamente em áreas irregulares/não licenciadas, brutal, e um benefício muito grande também a nível de impacto ambiental sobre as localidades onde as obras se situam. Isso demonstra o **interesse ambiental e social da pesquisa**.

A legislação vigente sobre gestão de RCC, a nível federal, já fala de uma forma meio que tímida, pois não especifica as formas (prêmios/benefícios), em benefícios para o não poluidor, ou aquele que diminui o impacto ambiental das suas atividades. Se a implantação da ferramenta informática de apoio à decisão conseguir demonstrar de forma clara esses benefícios a nível de impactos ambientais, fica criado o caminho para que as empresas que implantem o sistema possam reclamar junto da administração central tais benefícios sugeridos mas não explicados pela lei. Daí o **interesse do desenvolvimento de tal software para o setor** da construção.

Sob o ponto de vista pessoal do pesquisador, a pesquisa também se justifica, na medida que lhe permite ser enquadrado numa área de estudo do seu agrado (**gestão, economia na construção**), e continuar o seu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Para concluir podem ainda fazer-se algumas reflexões como sejam as seguintes: será que o processo construtivo não se ressentir na sua própria qualidade se não existir uma organização, traduzida por exemplo em um projeto de canteiro, no qual já estejam previstos aspetos de gerenciamento de RCC como sejam os principais fluxos de resíduos dentro do mesmo? Existem algumas empresas que já se preocupam em estabelecer e estudar os fluxos dos principais materiais consumidos nas suas obras, mas sem se preocuparem muito com a questão dos respetivos resíduos.

Por outro lado eventualmente as próprias variáveis que são estudadas quanto aos resíduos podem não ser aquelas que trarão as respostas no futuro. Assim, talvez a

separação dos resíduos por classes estabelecidas na resolução CONAMA n° 307/2002 e dentro dos canteiros acaba sendo algo um pouco “paliativo”, seja algo que até atenda a um gerenciamento público dos mesmos mas não aos problemas essenciais de um gerenciamento privado, em canteiro. Eventualmente devia-se fazer uma separação dos resíduos por tipos e não por classes. O que mudaria a forma de acondicionamento, de transporte, e provavelmente acabaria reduzindo o número de cargas de resíduos a serem conduzidas para fora do canteiro. É que numa separação desse gênero (por tipos de materiais e não por classes), o resíduo praticamente não chegaria a ser resíduo, ele acabaria sendo o próprio material em si. Hoje isso é feito no Brasil mas apenas em relação a poucos materiais, e por uma quantidade ainda relativamente baixa de construtoras.

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 LEGISLAÇÕES E NORMAS SOBRE OU CORRELACIONADAS A RCC/RCD**

#### **3.1.1 LEGISLAÇÕES NACIONAIS SOBRE RCC/RCD**

##### **3.1.1.1 A RESOLUÇÃO CONAMA 307/2002 E SUAS REVISÕES**

De acordo com Lordêlo, Evangelista e Ferraz (2006), a publicação da Resolução CONAMA 307 foi a principal medida tomada em termos legais no Brasil no que se refere aos RCC. Ela surgiu em 05 de Julho de 2002, por intermédio do Conselho Nacional do Meio Ambiente, entrando em vigor somente a partir de 02 de Janeiro de 2003. Foi a partir daí que o país iniciou uma mudança mais efetiva quanto à sua cultura de tratamento dos resíduos de construção civil, dentro de canteiros de obra.

A Resolução CONAMA 307 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, definindo quais as ações que são necessárias para minimizar os impactos ambientais. O objetivo prioritário é não produzir resíduos, e só se isso não for possível partir então para, segundo uma escala de prioridades, reduzir, reutilizar e reciclar. E proceder à destinação adequada dos resíduos, também. Para que isso possa ocorrer, tem que haver o envolvimento tanto dos grandes e pequenos geradores, como das administrações municipais.

O artigo 2º da resolução 307 define uma série de conceitos importantes no gerenciamento de resíduos de construção civil, dos quais se destaca:

“.....I – Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

II – Geradores: são pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III – Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;....”

IV – Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

V – Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI – Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII – Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII – Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;

IX – Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe “A” no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

X – Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

O artigo 3º da resolução estabelece uma classificação dos resíduos de construção civil por classes, a saber:

“...Art. 3º. Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I – Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.



II – Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV – Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

O Artigo 5º da resolução 307 dispõe que os municípios e o Distrito Federal são responsáveis pela elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), o qual deve incorporar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) e o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)



Figura 2 - Estruturação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (Fonte: Brum, 2013)

O PIGRCC deverá conter as diretrizes técnicas e procedimentos para a elaboração dos PMGRCC e PGRCC, sendo a confecção destes últimos da responsabilidade dos grandes geradores. A esse propósito, e de acordo com Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), o texto da lei é o seguinte: “.....Art 6º. Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: I – as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.”

O PIGRCC deverá conter também informações relativas ao cadastramento de áreas públicas ou privadas, para fins de recebimento, triagem e armazenamento temporário de

pequenos volumes, permitindo a captação dos resíduos dos pequenos geradores e posterior destinação às áreas de beneficiamento. Também estabelece informações de licenciamento de áreas de beneficiamento e deposição final de resíduos, proíbe a disposição em áreas não licenciadas, define critérios para o cadastramento de transportadores, orienta, fiscaliza e controla os agentes envolvidos e define as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Por outro lado, como referido, os PMGRCC serão elaborados, implementados e coordenados pelos municípios e pelo Distrito Federal, e devem estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

O art. 8º da resolução CONAMA 307 refere que o PGRCC é um projeto que deverá ser elaborado e implementado pelos grandes geradores em seus canteiros de obras. Esses grandes geradores devem estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

Segundo Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), o art. 9º da resolução CONAMA 307 é ainda mais específico quanto aos PGRCC, quando enumera as várias etapas que deverão ser contempladas nos mesmos, ao afirmar: “....Art. 9º. Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas: I – caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos; II – triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta resolução; III – acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem; IV – transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos; V – destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.”

O art. 10º refere explicitamente quais os destinos que devem ser dados às várias classes de resíduos. Assim, diz o texto da resolução 307: “....Art. 10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas: I – Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; II – Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; III – Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados

em conformidade com as normas técnicas específicas; IV – Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.”

Os artigos 11, 12 e 13 da resolução CONAMA 307, referem os prazos que deverão ser cumpridos. Assim, temos:

✓ Janeiro de 2004 – prazo máximo para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus PIGRCC, juntamente com os seus PMGRCC (Art. 11).

✓ Julho de 2004 – prazo máximo para que os municípios e Distrito Federal implantem seus PIGRCC (Art. 11).

✓ Julho de 2004 – prazo máximo para que os municípios e Distrito Federal parem a disposição de RCC em aterros domiciliares e em áreas de “bota-fora” (Art. 13).

✓ Janeiro de 2005 – prazo máximo para que os grandes geradores incluam os PGRCC nos projetos de obras, contemplando a aprovação e licenciamento dos órgãos competentes (Art. 12).

Deve-se no entanto enfatizar que, embora a Resolução 307 estipulasse tais prazos, a mesma não dispunha de informações referentes a punições para os responsáveis diante o descumprimento dos mesmos. Assim, atualmente no país, existem diversos municípios que ainda não elaboraram ou implantaram seus PIGRCC.

De acordo com Brum, F.M. (2013), e com o correr dos anos, a resolução CONAMA 307 sofreu três revisões. A primeira ocorreu em 16 de Agosto de 2004, sendo alterado o inciso IV do artigo 3º, através da resolução CONAMA 348. A mudança incluiu o amianto na classe de resíduos perigosos, Classe D, onde o texto passou a vigorar do seguinte modo: “.... IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.”

A segunda revisão da resolução CONAMA 307 ocorreu em 24 de Maio de 2011, tendo sido alterados os incisos II e III do artigo 3º, através da resolução CONAMA 431. Considerou-se que os resíduos provenientes do gesso não seriam mais classificados como resíduos da Classe C, mas sim como Classe B, resíduos recicláveis para outra destinação.

Em 18 de Janeiro de 2012 a resolução CONAMA 307 sofreu a sua terceira e última revisão, através da resolução CONAMA 448. Nessa ocasião foram alterados os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º, além da revogação dos artigos 7º, 12º e 13º. Esta revisão

realizou-se considerando a necessidade de adequação da resolução CONAMA 307 ao disposto na Lei 12.305/2010, conhecida como Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Com isso, foi modificada a estrutura do PIGRCC, que passou a ser denominado de Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil. Assim, o PIGRCC e o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil se tornaram um único instrumento, o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil.

Foram mantidas as diretrizes e responsabilidades quanto aos municípios e pequenos geradores. Ademais, o novo Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil deve estar em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos previsto pela Lei 12.305/2010.

Já o PGRCC passa a ser denominado de Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, preservando no entanto as suas diretrizes e responsabilidades quanto aos grandes geradores. Desta forma, a nova estrutura passa ser apresentada conforme a Figura 2 a seguir.

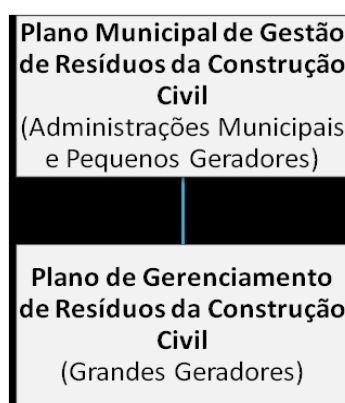


Figura 3 – Estrutura do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil  
(Fonte: Brum, 2013)

### **3.1.1.2 A LEI FEDERAL 12.305/2010 (POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PNRS)**

#### **3.1.1.2.1 ASPETOS GERAIS**

Entretanto, a Lei Federal 12.305/2010 entrou em vigor em 02 de agosto de 2010, instituindo a chamada Política Nacional dos Resíduos Sólidos, constituindo uma referência no gerenciamento dos resíduos de construção civil.

Segundo Brum, F.M. (2013), o seu interesse é dispor sobre os princípios, objetivos e instrumentos relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo

as responsabilidades dos geradores, as responsabilidades do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis.

A responsabilidade dos geradores e do poder público, podem ser percebidas por intermédio de um dos instrumentos da lei, os Planos de Resíduos Sólidos. Tais planos dividem-se em quatro níveis, ficando sob responsabilidade de cada uma das esferas do país a sua elaboração. Assim temos:

A União, através do Ministério do Meio Ambiente, é responsável pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que tem vigência por prazo indeterminado e um horizonte de vinte anos, devendo ser atualizado a cada quatro anos.

✓ Os Estados são responsáveis pelos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, como condição para obter recursos da União, a fim de financiar empreendimentos destinados à gestão desses mesmos resíduos, e também contemplando uma vigência por tempo indeterminado e um horizonte de vinte anos, devendo ser atualizados a cada quatro anos. Além destes, os Estados também poderão elaborar Planos Microrregionais de Resíduos Sólidos e Planos de Resíduos Sólidos de Regiões Metropolitanas ou de Aglomerações Urbanas.

✓ O Distrito Federal e os Municípios são responsáveis pelos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e pelos Planos Intermunicipais de Resíduos Sólidos, estes últimos quando estiver envolvido mais de um município. Os mesmos são condições para os Municípios e Distrito Federal obterem recursos da União para financiar serviços ou empreendimentos relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos.

As empresas de construção civil, os geradores de resíduos de serviços públicos de saneamento, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transporte, resíduos de mineração e estabelecimentos comerciais ou prestadores de serviços que gerem resíduos perigosos serão responsáveis pelo Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, a ser elaborado de acordo com regulamentos ou normas estabelecidas pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

De acordo com Brum, F.M. (2013), a figura a seguir demonstra a relação hierárquica entre os diversos Planos e a relação com seus responsáveis.

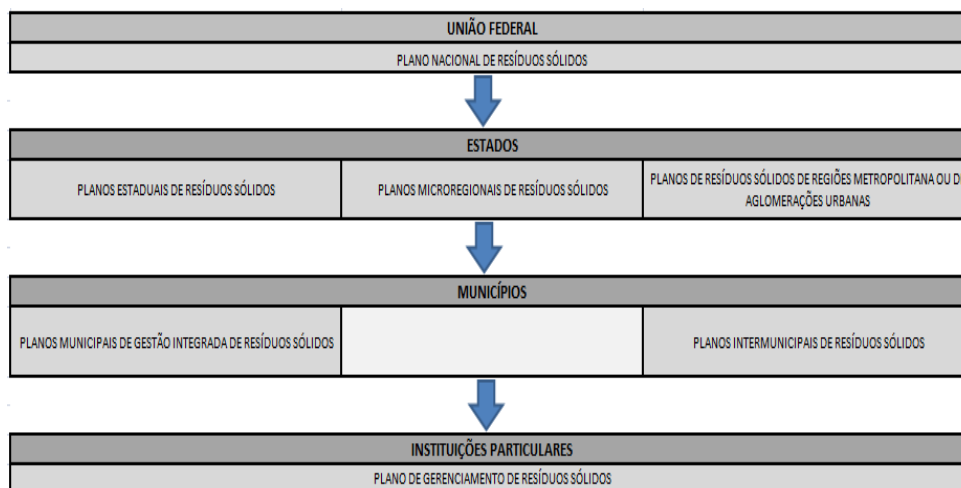


Figura 4 - Estrutura dos Planos de Resíduos Sólidos (Fonte: adaptado de Brum, 2013)

Donde se conclui que Governo Federal, Estados, Distrito Federal, Municípios e particulares devem realizar a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Para além deles, as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que estão direta ou indiretamente envolvidas com a geração de resíduos sólidos, também estão sujeitas à observância da Lei Federal 12.305/2010.

Deve-se enfatizar que a inexistência do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos não isenta as instituições particulares da responsabilidade em elaborar, implementar e operacionalizar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Com isso, a responsabilidade das empresas do setor de construção civil não é extinta caso estejam executando algum empreendimento em municípios que ainda não possuam planos de gestão de resíduos implantados.

Ademais, os particulares deverão manter atualizadas e disponíveis as informações referentes à implantação e operacionalização do plano, repassando-as aos órgãos municipais competentes. Por outro lado, estes deverão encaminhar essas informações ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), contribuindo com a elaboração de inventários e com o sistema de declaração anual de resíduos sólidos, ambos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Fica ainda instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores.

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são responsáveis por investir na fabricação e colocação de produtos que sejam aptos, após o uso, a reciclagem, reutilização, e a incentivar processos de fabricação de produtos que gerem menor

quantidade de resíduos. Eles também se responsabilizam pela adoção do sistema de logística reversa, recolhendo os produtos e resíduos remanescentes após o uso, e posteriormente, providenciando a sua destinação ambiental adequada. Neste sistema, é incluída a responsabilidade do consumidor, mediante a devolução dos produtos e resíduos após o seu uso aos comerciantes e distribuidores.

Segundo Brum, F.M. (2013), e quanto a instrumentos econômicos aplicáveis, a Lei Federal 12.305/2010 prevê que o poder público possa instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender iniciativas de:

- ✓ Prevenção e redução da geração de resíduos no processo produtivo;
- ✓ Desenvolvimento de produtos que acarretam menores impactos à saúde humana e à qualidade ambiental em seu ciclo de vida;
- ✓ Implantação de infraestrutura física e aquisição de equipamentos para cooperativas ou associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- ✓ Desenvolvimento de projetos de gestão de resíduos sólidos de caráter intermunicipal ou regional;
- ✓ Estruturação de sistema de coleta seletiva ou de logística reversa;
- ✓ Descontaminação de áreas;
- ✓ Desenvolvimento de pesquisas voltadas para tecnologias limpas;

### **3.1.1.2.2 OS CONTEÚDOS E IMPLICAÇÕES DA LEI FEDERAL 12.305/2010 (POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS PNRS) MAIS DIRETAMENTE RELACIONADOS COM AS CONSTRUTORAS (GRANDES GERADORES)**

De acordo com Toledo, M.B. (2012), a **Lei Federal nº 12.305/2010** (que ficou conhecida como PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos) **estabelece no seu artº 20º, inciso III, a responsabilidade para as empresas de Construção Civil em elaborarem Planos/Projetos de gerenciamento dos seus resíduos sólidos gerados**, quando refere: “.... Estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos :.....III - as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente).”

O mesmo autor refere ainda que, mesmo previsto em resoluções, a maioria dos municípios não cumpriram essa determinação até o momento, o que agrava ainda mais a problemática que envolve os RCC, menosprezando os dados que comprovam que a maioria

dos resíduos sólidos gerados e coletados corresponde aos resíduos da construção civil (RCC).

Segundo Kruger, H.M. (2013), a Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS- Política Nacional de Resíduos Sólidos) veio com o objetivo de regulamentar ações e definir diretrizes com o intuito de garantir, no menor prazo possível, a não degradação do meio ambiente, e para isso, entre outros, a dita lei veio definir para os grandes geradores (as construtoras, em geral são) qual o conteúdo mínimo de informações que devem constar no Plano/Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, dos quais os RCC fazem parte, e que é o seguinte:

- 1 – A descrição do empreendimento ou atividade;
- 2 – O diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, **contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos**, incluindo passivos ambientais a eles relacionados;
- 3 – Observando/seguindo as regras/normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, e no caso de haver, também as regras/normas estabelecidas no Plano Municipal de Gestão Integrada de resíduos sólidos, o PGRS (ou PGRCC) deve também:
  - a) Explicitar os responsáveis por cada etapa do gerenciamento dos resíduos sólidos;
  - b) Definir os procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento dos RS (resíduos sólidos) sob responsabilidade do gerador (a construtora, neste caso);
- 4- Identificar soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;
- 5 – Descrever as ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes;
- 6 – Definir quais as metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos (no caso os RCC) e à reutilização e reciclagem, observadas as normas estabelecidas pelos SISNAMA, SNVS e SUASA;
- 7 – Se couber, definir/estabelecer/descrever as ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do artigo 31º da Lei Federal nº 12.305/2010;
- 8 – Definir quais as medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos (no caso os RCC);
- 9 – Definir a periodicidade de revisão do PGRS (ou PGRCC), observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação, a cargo dos órgãos do SISNAMA.



Já segundo Rodrigues, R.C. (2014), a Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS) traz algumas orientações para a elaboração dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS), em esferas empresariais, como é o caso das empreiteiras/construtoras. Assim, e segundo o autor, **a Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS) traz no seu capítulo II, seção V, cinco artigos, que são:**

**Artº 20** – Trata de **identificar as entidades, empresas, atividades que estão sujeitas à elaboração de um PGRS** (e que no caso das construtoras/empreiteiras corresponde a elaborar um **PGRCC**), e em seu inciso III cita as empresas de construção civil como sendo um desses empreendimentos, comportando o tipo de atividades em questão;

**Artº 21** – Segundo o autor, trata-se de um dos mais importantes, pois **estabelece os conteúdos mínimos para elaboração do gerenciamento dos RS** (que no caso das construtoras serão os RCC), e que vão desde a caracterização dos empreendimentos até a sua gestão compartilhada no que tange ao plano de gestão integrada de cada município.

**Artº 22** – Define que **para todas as etapas dos PGRS** (ou PGRCC) **deve ser designado um responsável técnico devidamente habilitado;**

**Artº 23** – Determina que **os responsáveis pelos PGRS** (ou PGRCC) **deverão deixar completas, atualizadas e disponíveis todas as informações referentes aos planos em questão**, e para conhecimento/disponibilidade dos (aos) **órgãos competentes**.

**Artº 24** – **Estabelece que o PGRS** (ou PGRCC) **seja parte integrante do processo de licenciamento ambiental aos empreendimentos que se enquadram nesse tipo de licenciamento, e aos que não se enquadram devem ter seus PGRS** (ou PGRCC) **aprovados pelas autoridades da esfera municipal.**

Lira, A. da S. (2010) prefere destacar que a **Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos)** dispõe sobre o “**sistema de Logística Reversa**”, um método que as empresas (e as construtoras são-no) terão de criar, para **recolher os resíduos que possam ser reciclados ou reutilizados e dar um destino final aos seus rejeitos, materiais que não podem ser reaproveitados**. Assim, e segundo o autor, **o artº 3º, XII da lei traz o conceito de logística reversa do seguinte modo: “ XII – logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios, destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou em outra destinação final adequada”**.

No caso e para as construtoras trata-se de implementar a logística reversa para os respectivos RCC gerados.

Refere ainda o autor que com relação aos resíduos perigosos, **apenas com autorização ou licença das autoridades competentes é que o setor empresarial (nos quais as construtoras se incluem) poderá exercer atividades que gerem ou operem com resíduos perigosos, se os responsáveis comprovarem, no mínimo, capacidade técnica e econômica, além de condições para prover os cuidados necessários ao gerenciamento desses resíduos (resíduos perigosos).**

Afirma também que **o setor empresarial (onde se incluem empreiteiras e construtoras) fica proibido pela Lei Federal nº 12.305/2010 de importar resíduos sólidos perigosos e rejeitos, bem como resíduos sólidos cujas características causem dano ao meio ambiente, à saúde pública e animal e à sanidade vegetal, ainda que para tratamento, reforma, reúso, reutilização ou recuperação.**

Já Pandolfo, F. (2012) refere que as empresas que lidam com resíduos perigosos devem estar no Cadastro Nacional de Resíduos Perigosos, além de elaborar o plano de gerenciamento de resíduos perigosos com medidas para redução da sua periculosidade. Segundo o autor essa documentação deve ser atualizada anualmente junto aos órgãos que fazem a fiscalização.

Scalone, P.A. (2013) refere que o art. 9 da Lei Federal 12.305/2010 (PNRS) dispõe que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. E que a referida lei abre caminho a que a União dê subsídios para catadores de materiais recicláveis e indústrias de reciclagem, e proíbe a criação de lixões, locais onde o lixo é jogado a céu aberto.

O autor afirma ainda que a Lei Federal nº 12.305/2010, no seu art. 33º aborda quais produtos devem ter a logística reversa, e que são: I – agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas; II – pilhas e baterias; III – pneus; IV – óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; V – lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; VI – produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Scalone, P.A. (2013) afirma que desses seis produtos citados, na construção civil haverá pelo menos os resíduos de pneus, devido às carrinhas, e de lâmpadas, na etapa final, quando é feito o acabamento. No entanto, algumas vezes pode-se também encontrar óleos lubrificantes, os quais são utilizados nos maquinários da obra.

Bochenek, C. (2012) declara que o poder do incentivo financeiro dado pelo governo e pelas instituições financeiras às empresas é reconhecido na Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS) como instrumento para que as ações ocorram. Assim, o poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender a iniciativas como, por exemplo, o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento de resíduos, conforme preconiza o Capítulo V – Dos Instrumentos Econômicos.

Havendo por exemplo acordos entre o setor da construção civil e as indústrias que lhe forneçam produtos com embalagens, a devolução das mesmas aos comerciantes ou distribuidores, após o uso dos produtos, tornar-se-ia obrigatória. Deve-se notar que esta situação deve estar planejada no gerenciamento de resíduos.

Segundo Bochenek, C. (2012), o art. 30º da Lei Federal nº 12.3035/2010 traz a importância da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, com o objetivo de reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais. Porém, a PNRS no art. 3º deixa claro que acordo setorial é um ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

### **3.1.1.3 O PGRCC – INSTRUMENTO LEGAL PRINCIPAL DE GERENCIAMENTO DE RCC/RCD PARA AS CONSTRUTORAS (GRANDES GERADORES)**

De acordo com a estrutura anteriormente apresentada nas figuras 2 e 3, sobressai como instrumento principal legal obrigatório de gerenciamento de RCC/RCD para as construtoras (grandes geradores), o PGRCC (sua elaboração, implantação e monitoramento).

Fazer notar que o próprio conceito de grandes geradores não é unânime, dando origem a várias interpretações. Assim, enquanto que a Lei Municipal nº 8.408/99 de Fortaleza estabelece como parâmetro de definição para grandes geradores a massa específica dos resíduos que possam gerar (grandes geradores serão aqueles cujos resíduos pesem mais que 500Kg/m<sup>3</sup>, o que significa que todas as construtoras serão), a Lei Municipal nº 7.277/97 de Belo Horizonte explicita um conjunto de outros critérios bem diferentes para definir os grandes geradores.

Leite, L.B.T. (2014) refere o exemplo também do município do Rio de Janeiro, que estabelece, através do seu Decreto Municipal 27.078, como grandes geradores os empreendimentos que produzam volume superior a 2m<sup>3</sup> por semana de RCC, devendo

obrigatoriamente executar Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) de suas obras.

Por outro lado, esse Decreto, que estipula as diretrizes para execução dos PGRCC, também assume como pertinente a seguinte classificação dos geradores contida na RESOLUÇÃO SMAC N° 387 DE 24 DE MAIO DE 2005, onde os grandes geradores são classificados como “geradores que devem **executar e apresentar ao Órgão ambiental Municipal**, Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), para obter a Licença Municipal de Instalação de suas obras.

São ainda considerados grandes geradores no município: I ) EDIFICAÇÕES com área total construída (ATC) igual ou maior que 10.000m<sup>2</sup>; II) EMPREENDIMENTOS OU OBRAS QUE REQUEIRAM MOVIMENTO DE TERRA com volume superior a 5.000m<sup>3</sup>; III) DEMOLIÇÃO DE EDIFICAÇÕES com área total construída (ATC) igual ou maior que 10.000m<sup>2</sup> ou volume superior a 5.000m<sup>3</sup>.

A RESOLUÇÃO SMAC N° 519, DE 21 DE AGOSTO DE 2012 reitera essa classificação. Portanto, fica legalmente estabelecido que apenas grandes geradores com área total construída maior que 10.000m<sup>2</sup> e movimentação de terra maior que 5.000m<sup>3</sup> têm a obrigatoriedade de apresentar o PGRCC aos órgãos públicos competentes no ato do licenciamento de seu empreendimento.

No que diz respeito ao PGRCC (Projeto/Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil), a ser elaborado pelas construtoras, Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012) fazem um levantamento e análise de cinco trabalhos que descrevem os PGRCC.

Alguns desses trabalhos são mais sintéticos (elaborados praticamente em exclusivo por tópicos), outros são mais extensos, uns estabelecem roteiros básicos para a elaboração, implantação e monitoramento dos PGRCC, outros não, adotando uma postura mais descritiva. Todos eles no entanto referem as cinco grandes atividades distintas que um PGRCC deve contemplar e que são: 1 – Caracterização dos resíduos; 2 – Triagem dos resíduos; 3 – Transporte; 4 – Acondicionamento; 5- Destinação dos resíduos.

### **3.1.1.3.1 O PGRCC – “CARTILHA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL” (Cunha Junior N.B., 2005)**

Neste trabalho o autor apresenta um roteiro básico relativamente sintético para elaboração das partes constituintes de um PGRCC. Assim, subdivide-as em: 1 – Informações Gerais; 2 – Demolições; **3 – Elementos do PGRCC**; 4 – Comunicação e educação ambiental; 5 – Cronograma de implantação do PGRCC.

As Informações Gerais referem-se ao levantamento de todas as informações que caracterizam a empresa e a obra. Assim temos:

**1 – Informações gerais:** A) Identificação do empreendedor: i) Em se tratando de pessoa jurídica : a Razão Social, o Nome Fantasia, endereço, CNPJ, responsável legal pela empresa (nome, CPF, telefone, fax, e-mail); Se for pessoa física: Nome, endereço, CPF, documento de identidade; B) Responsável Técnico pela Obra: nome, CPF, endereço, telefone, fax, e-mail e CREA; C) Responsável Técnico pela elaboração do PGRCC: nome, endereço, telefone, fax, e-mail e inscrição no Conselho Profissional, Original da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART no respectivo Conselho Profissional; D) Equipe técnica responsável pela elaboração do PGRCC: nome, formação profissional e inscrição em Conselho Profissional; E) Caracterização do empreendimento: i) Localização: endereço completo e indicação do local, utilizando base cartográfica em escala 1:10.000; ii) Caracterização do sistema construtivo; iii) Apresentação de planta arquitetônica de implantação da obra, incluindo o canteiro de obras, área total do terreno, área de projeção da construção e área total construída; iv) números totais de trabalhadores, incluindo os terceirizados; v) Cronograma de execução da obra.

**2 – Demolições:** apresentar licença de demolição, se for o caso.

**3 – Elementos do PGRCC:** A) Caracterização dos resíduos sólidos; B) Minimização dos Resíduos; C) Segregação dos resíduos; D) Acondicionamento/Armazenamento dos resíduos; E) Transporte dos resíduos; F) Transbordo dos resíduos; G) Destinação dos Resíduos.

A) Caracterização dos resíduos: significa classificar os tipos de resíduos sólidos produzidos pelo empreendimento, adotando a classificação da Resolução CONAMA 307/02 (classes A, B, C, D) acrescentando a classe E (resíduos comuns ou seja de característica doméstica, considerados rejeitos). Implica também estimar a geração média semanal de resíduos sólidos por classe e tipo de resíduo (em Kg ou m<sup>3</sup>). E descrever os procedimentos a serem adotados durante a obra para a quantificação diária dos resíduos sólidos gerados, por classe/tipo de resíduo.

B) Minimização dos Resíduos: Descrever os procedimentos a serem adotados para minimização da geração dos resíduos sólidos, por Classe.

C) Segregação dos Resíduos: a) segregação na origem: descrever os procedimentos a serem adotados para segregação dos resíduos sólidos por Classe e tipo; b) nas Áreas de Triagem e Transbordo – identificar a área e o responsável pela mesma.

D) Acondicionamento / Armazenamento dos resíduos: Descrever os procedimentos a serem adotados para acondicionamento dos resíduos sólidos, por Classe/tipo, de forma a garantir a integridade dos materiais. Identificar, em planta, os locais destinados à armazenagem de cada tipo de resíduo. Informar o sistema de armazenamento dos resíduos identificando as características construtivas dos equipamentos e/ou abrigos (dimensões, capacidade volumétrica, material construtivo, etc).

E) Transporte dos resíduos: Identificar o(s) responsável(eis) pela execução da coleta e do transporte dos resíduos gerados no empreendimento (nome, CGC, endereço, telefone), os tipos de veículos e equipamentos a serem utilizados, bem como os horários de coleta, frequência e itinerário. No caso de transporte de terra e entulho, apresentar a Licença de Tráfego de Veículo.

F) Transbordo dos resíduos: Localizar em planta a(s) unidade(s) de transbordo, em escala 1:10.000

G) Destinação dos Resíduos: Indicar a(s) unidade(s) de destinação para cada classe/tipo de resíduo. Todas as unidades devem ser autorizadas pelo poder público para essa finalidade. Indicar o responsável pela destinação dos resíduos (se é o próprio gerador, o município ou empresa contratada).

**4 – Comunicação e educação ambiental**: compreende a Apresentação do Plano de Comunicação e Educação Ambiental, o que significa descrever as ações de sensibilização, mobilização e educação ambiental para os trabalhadores da construção, visando atingir as metas de minimização, reutilização e segregação dos resíduos sólidos na origem bem como seus corretos acondicionamentos, armazenamento e transporte.

**5 – Cronograma de implantação do PGRCC**: Apresentar o cronograma de implantação do PGRCC para todo o período da obra.

Concluindo, Cunha Junior, N.B. (2005), na sua “Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil”, apresenta quais os critérios que a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, através da Lei Municipal nº 7.277/97, **adotará para definir os grandes geradores**. Assim, **serão considerados grandes geradores os empreendimentos que se enquadram nas seguintes condições**: i) Os destinados a usos não residenciais nos quais a área edificada seja igual ou superior a 6.000m<sup>2</sup>; ii) os destinados a uso residencial que tenham mais de 150 unidades; iii) Os destinados a uso misto em que o somatório da razão entre o número de unidades residenciais por 150 (cento e cinquenta) e da razão entre a área da parte da edificação destinada a uso não residencial e 6.000m<sup>2</sup> (seis mil metros quadrados) seja igual ou superior a 1 (um); iv) os parcelamentos de solo vinculados, exceto os propostos para terrenos situados na ZEIS – Zona de Especial

Interesse Social - com área parcelada inferior a 10.000m<sup>2</sup> (dez mil metros quadrados); v) os seguintes empreendimentos e os similares: A) aterros sanitários e usinas de reciclagem de resíduos sólidos; B) autódromos, hipódromos e estádios desportivos; C) cemitérios e necrotérios; D) matadouros e abatedouros; E) presídios; F) quartéis; G) terminais rodoviários e aeroviários; H) vias de tráfego de veículo com 2 (duas) ou mais faixas de rolamento; I) ferrovias, subterrâneas ou de superfície; J) terminais de minério, petróleo e produtos químicos; L) oleodutos, gaseodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários; M) linhas de transmissão de energia elétrica acima de 230 kv (quilovolts); N) usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 mw (dez megawatts); O) obras para exploração de recursos hídricos, tais como barragens, canalizações de água, transposições de bacias e diques; P) estações de tratamento de esgotos sanitários; Q) distritos e zonas industriais; R) usinas de asfalto.

A definição de grandes geradores para o município de BH é bem mais detalhada/complexa que a adotada em Fortaleza, pela Lei Municipal nº 8.408/99.

### **3.1.1.3.2 PGRCC – “GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL” (Barreto, I.M.C.B. do N., 2005)**

Segundo Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012), este trabalho aborda o PGRCC como sendo um conjunto de atividades, das quais fazem parte a Caracterização, Triagem (ou Segregação), Acondicionamento, Transporte e Destinação dos Resíduos.

Esta referência acrescenta ainda que a atividade de acondicionamento deve proceder de forma a evitar a contaminação dos resíduos, principalmente os resíduos de Classe A, pois possuem maior potencial para reciclagem. E que para a atividade de Destinação, os resíduos de Classe B poderão ser encaminhados a agentes recicladores, a venda ou doações, principalmente a cooperativas ou catadores (Barreto, I.M.C.B do N., 2005).

O trabalho também apresenta algumas diretrizes de como fazer um PGRCC. O conteúdo é exposto somente por tópicos, não havendo maiores comentários explicativos dos assuntos abordados. De acordo com Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012), e para Barreto, I.M.C.B. do N., (2005), o PGRCC deve englobar Planos de Redução, Reutilização e Reciclagem de resíduos, uma etapa para a preparação do canteiro e outra para a mão-de-obra, sendo que esta última deve ser sensibilizada, conscientizada, monitorada e avaliada.

Segundo a opinião do pesquisador, que também consultou o referido trabalho, o mesmo mostra-se apelativo sob o ponto de vista gráfico, mas demasiado resumido/sintetizado quanto aos conteúdos que devem fazer parte de um PGRCC.

### **3.1.1.3.3 PGRCC – “MANUAL DE GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL” (Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008)**

Neste trabalho, na sua parte especialmente dedicada ao PGRCC, os autores começam por especificar quais os objetivos de um PGRCC, os quais são: 1 – Caracterizar os resíduos produzidos (definir os tipos de resíduos gerados no empreendimento); 2 – Estimar as quantidades de resíduos dos vários tipos que serão geradas (nas fases de escavação, construção e demolição); 3 – Propor medidas que reduzam a geração de resíduos; 4 – Definir os procedimentos para o correto tratamento dos resíduos gerados (os autores enfatizam a importância, entre eles da segregação dos resíduos em canteiro), os quais incluem as atividades de: Segregação, Acondicionamento, Transporte, e Destinação dos resíduos.

O manual propõe também um roteiro básico para a elaboração do PGRCC o qual contempla as seguintes etapas: 1 – Identificação do empreendedor; 2 – Identificação dos responsáveis técnicos pela obra; 3 – Identificação dos responsáveis técnicos pela elaboração do PGRCC; 4 – Caracterização do empreendimento (nas fases de demolição e construção); 5 – Caracterização dos resíduos com quantitativos gerados (quantidades por tipos); 6 – Política de minimização dos resíduos (o que será feito para); 7 – Segregação dos resíduos (como será feita); 8 – Acondicionamento dos resíduos (como será feito); 9 – Transporte dos resíduos; 10 – Destinação dos resíduos (quais as destinações em função das classes/tipos de resíduos).

Destaca o autor que embora o foco do PGRCC sejam as ações dentro do canteiro, qualquer método de gestão de RCC englobará sempre atividades realizadas dentro de canteiro e outras realizadas fora de canteiro.

De seguida o manual apresenta um passo a passo bem detalhado das atividades relacionadas ao PGRCC em uma obra, as quais são divididas em quatro fases, que são: 1ª Fase – Projeto (elaboração do PGRCC); 2ª Fase – Treinamento; 3ª Fase – Ação; 4ª Fase – Avaliação. Estas fases são inspiradas numa espécie de ciclo PDCA (plan, do, check, act) de melhoria contínua aplicado ao PGRCC. O passo a passo apresentado pelos autores é o das figuras 5 e 6.



| Fases                 | Passos | Descrição das atividades  | Objetivos  | Envolvidos  | Prazo               |
|-----------------------|--------|---|--|---|---------------------|
| 1ª Fase (Projeto)     | 1º     | Elaboração do projeto de gerenciamento de resíduos sólidos do canteiro de obra  | Definir os tipos e as quantidades de resíduos gerados. Definir também a forma de redução dos resíduos, acondicionamento, coleta, transporte e destinação | Responsável técnico pelo projeto e o responsável técnico da construtora           | 15 dias             |
| 2ª Fase (Treinamento) | 1º     | Apresentar os impactos ambientais provocados pela ausência do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição nas cidades  | Conscientizar os envolvidos sobre o projeto de gerenciamento dos resíduos no canteiro de obras   | Gerente de obras, técnico de segurança, mestre-de-obras, supervisores de produção | 2 dias              |
|                       | 2º     | Mostrar o projeto de gerenciamento e as leis que estabelecem um novo processo para o Canteiro de Obras  | Esclarecer dúvidas sobre o projeto, a legislação e seus impactos   | Gerente de obras, técnico de segurança, mestre-de-obras, supervisores de produção | 2 dias              |
|                       | 3º     | Definir o novo arranjo físico do canteiro, contemplando o gerenciamento de resíduos (distribuição de espaços, atividades, fluxo de resíduos e equipamentos de transporte disponíveis) | Esclarecer as melhorias no canteiro de obras   | Gerente de obras, técnico de segurança, mestre-de-obras, supervisores de produção | 2 dias              |
|                       | 4º     | Aquisição e distribuição dos dispositivos de coleta e sinalização do canteiro de obras  | Executar o projeto de gerenciamento  | Gerente de obras  | 2 dias              |
|                       | 5º     | Mostrar quais serão os benefícios no dia-a-dia das obras decorrentes da implantação de uma metodologia de gerenciamento de resíduos   | Esclarecer as mudanças do canteiro de obras  | Todos da obra   | 2 dias              |
| 3ª Fase (Ação)        | 1º     | Segregação dos resíduos   | Separar os resíduos. É uma fase fundamental para o gerenciamento   | Todos da obra   | Até o final da obra |
|                       | 2º     | Coleta nos locais de trabalho   | Coletar o resíduo segregado  | Todos da obra   | Até o final da obra |
|                       | 3º     | Acondicionamento em bombonas ou <i>containers</i>   | Receber os resíduos segregados através da coleta   | Todos da obra   | Até o final da obra |
|                       | 4º     | Transporte interno no canteiro de obras   | Transportar os resíduos através de tubo coletor ou caminho de mão  | Todos da obra   | Até o final da obra |

Figura 5 – Passo a passo das atividades do Projeto de Gerenciamento de Resíduos de uma obra – Início (Fonte: Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008)

| Fases               | Passos | Descrição das atividades              | Objetivos  | Envolvidos    | Prazo               |
|---------------------|--------|---------------------------------------|--|---------------|---------------------|
| 3ª Fase (Ação)      | 5º     | Acondicionamento em <i>containers</i> | Separar os resíduos com "estanqueidade"  | Todos da obra | Até o final da obra |
|                     | 6º     | Transporte Final                      | Retirar os resíduos do canteiro de obras   | Todos da obra | Até o final da obra |
|                     | 7º     | Destinação                            | O local de recebimento tem que estar apto a receber o resíduo e cadastrado na Seman            | Todos da obra | Até o final da obra |
| 4ª Fase (Avaliação) | 1º     | Monitoramento                         | Acompanhar o total gerado para fechamento do balanço no final dos resíduos da obra com a Seman | Todos da obra | Até o final da obra |

Figura 6 – Passo a passo das atividades do Projeto de Gerenciamento de Resíduos de uma obra – Continuação e fim (Fonte: Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008)

**- Etapas de Segregação, Acondicionamento, Coleta e Armazenamento:** Novaes, M. de V. e Mourão, C.A.M. do A. (2008) destacam que a primeira delas, a da segregação, é a mais importante no gerenciamento dos RCC na obra, para que não haja possibilidade de contaminação, o que comprometeria a qualidade dos materiais (e conseqüentemente o seu preço de venda ou reaproveitamento). Afirmam também que essa segregação deverá ser

realizada dentro do canteiro, e que para tal se torna fundamental um trabalho de conscientização de todos, o que pode ser feito através de treinamentos e palestras.

Referem também os autores a importância do Projeto do Layout do Canteiro, pois este define os fluxos físicos e de informações durante o empreendimento.

Segundo eles, para racionalizar a adoção dos procedimentos (contemplados no PGRCC) pelos operários é fundamental: 1 – A definição dos sistemas de transportes horizontal e vertical dos resíduos por classes; 2 – A definição dos locais adequados para os tambores e containeres; 3 – Os resíduos segregados devem ser acondicionados separadamente por tipos, até que possam ser transportados.

Afirmam ainda que é muito importante fazer a compatibilização do Projeto do Canteiro com o gerenciamento dos RCC, dando um enfoque especial na posição dos containeres na obra. E que estes devem ficar sempre dentro da obra para que as pessoas, ao passarem na via pública, não contaminem os resíduos, jogando materiais estranhos nos containeres.

Novaes, M. de V. e Mourão, C.A.M. do A. (2008), estabelecem que os resíduos devem ser separados em: materiais cimentícios; materiais cerâmicos; metais; madeira; plásticos; papel e papelão; e outros.

Quanto ao transporte de materiais de Classe A dentro de obras verticais, os autores definem que: o transporte horizontal feito nos pisos superiores, deverá ser realizado com carros de mão ou jericas. Já o transporte vertical desde os pisos superiores até o térreo poderá ser feito por tubos coletores, ou guinchos, ou elevadores de carga, auxiliados depois no térreo por carros de mão ou jericas.

Quanto ao armazenamento dos resíduos de classe A, este deve ser feito em containeres/caçambas, com uma capacidade volumétrica em torno de 4 a 5m<sup>3</sup> cada, cobertos com lonas depois de cheios, ou ao final de cada jornada de trabalho, se por uma necessidade imperiosa forem obrigados a ficar na via pública. Esses materiais de classe A devem ser removidos durante as limpezas diárias dos pavimentos-tipo.

Já quanto ao acondicionamento inicial de resíduos de classe B (metais, papéis, plásticos, vidros), este pode ser feito nos pisos superiores por meio de bombonas, as quais devem possuir rótulos diferenciados por cores, uma por cada tipo de resíduo.

O seu transporte horizontal nos pisos superiores até os guinchos ou elevadores de carga poderá ser feito através de carrinhos de mão ou jericas ou manualmente, desde que dentro de sacos de ráfia, e dependendo do peso dos mesmos. O transporte vertical desde os pisos superiores ao térreo será feito por guinchos ou elevadores de carga, e o

**transporte horizontal desde o térreo até o acondicionamento interno final** por carrinhos de mão ou jericas.

O **acondicionamento interno final no térreo** (armazenamento) poderá ser feito por tambores plásticos ou metálicos, de maior capacidade, diferenciados por cores, ou alternativamente em baias.

Os autores referem que o **gesso** deve ser **acondicionado separadamente**, para não contaminar os outros resíduos (sobretudo os de classe A que são os produzidos em maior quantidade e têm maior potencial de reciclagem), dificultando assim a sua reciclagem.

O gesso poderá ser acondicionado temporariamente em bombonas ou caçambas, em local abrigado.

No que tange aos **resíduos orgânicos**, estes devem ser colocados em lixeiras, agrupados em sacos plásticos, sendo depois coletados pela limpeza pública.

**- Etapas de Transporte e Destinação Final:** Novaes, M. de V. e Mourão, C.A.M. do A. (2008) referem que as construtoras poderão contratar empresas privadas para este tipo de serviços, desde que **devidamente cadastradas/licenciadas junto das secretarias de meio ambiente nos municípios**. Os veículos utilizados pelas transportadoras devem estar de acordo com as normas da ABNT relativas a transporte de resíduos, e também devem estar de acordo com as leis municipais e com a resolução CONAMA nº 307/2002. As secretarias municipais do meio ambiente fornecerão listas com as empresas transportadoras credenciadas.

Quanto à **destinação final dos resíduos**, ela poderá ser: 1 – Áreas de transbordo e triagem (ATT's) de RCC; 2 – Áreas de reciclagem de RCC; 3 – Aterros de reservação. O destino será conforme a classe de cada resíduo. Assim, tem-se que:

**Resíduos de classe A** – Devem ser encaminhados para áreas de reciclagem (licenciadas) ou aterros (licenciados).

**Resíduos de classe B** – Podem ser vendidos ou doados a empresas de reciclagem deste tipo de resíduo; doados a cooperativas que atuam em programas de reciclagem; ou encaminhados para áreas de transbordo e triagem (ATT's). Qualquer dos destinos apontados para os resíduos de classe B também devem estar licenciados municipalmente.

**Resíduos de classe C** – Devem ser encaminhados para destinos com licença ambiental para este tipo de resíduos.

**Resíduos de classe D** – Devem ser encaminhados para destinos com licença ambiental para este tipo de resíduos.

**- Etapa de Monitoramento da geração de resíduos:** Novaes, M. de V. e Mourão, C.A.M. do A. (2008) afirmam que as construtoras deverão fazer um controle dos RCC gerados durante a obra, por tipos. E que devem encaminhar esse controle à Secretaria Municipal do Meio Ambiente, através de um formulário específico, que é o que se apresenta na figura 7.

| 31/12/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
|---|--------------|---|---------------|-----------------------------------|----------|-----------|------|------|------|------|----------|
| RELATÓRIO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - TRANSPORTADOR |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Transportador   |              | LM Serviços de Escavação de Areia Ltda. |               | 122/07                            |          | Ano: 2007 |      |      |      |      |          |
| Endereço  |              | Rua da Paz, 343                         |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Mês   | Fase da Obra | Transportadora                          | Destino Final | Tipo de Resíduo (m <sup>3</sup> ) |          |           |      |      |      |      |          |
|   |              |   |               | A                                 |          | B         |      | C    |      | D    |          |
|   |              |   |               | P                                 | G        | P         | G    | P    | G    | P    | G        |
| Janeiro/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Fevereiro/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Março/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Abril/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Maio/2007   |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Junho/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Julho/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Agosto/2007   |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Setembro/2007   |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Outubro/2007  |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Novembro/2007   |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      |          |
| Dezembro/2007   | Escavação    | LM                                      | TERRAPLENA    | 12.500,00                         | 1.464,00 |           |      |      |      |      |          |
| Parciais  |              |   |               | 12.500,00                         | 1.464,00 | 0,00      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00     |
| Acumulado   |              |   |               |                                   |          |           |      |      |      |      | 1.464,00 |

P = Previsito  
G = Geral

Figura 7 – Monitoramento dos resíduos – Formulário da SEMAM (Fonte: Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008)

No final da obra o construtor deverá prestar contas à Secretaria do Meio Ambiente, através de um relatório com as quantidades previstas e as geradas, indicando qual ou quais as empresas responsáveis por cada um dos transportes, e os locais de destinação final.

Em seguida, os autores do manual passam para o **conceito dos 3R's**, que são: **Redução na fonte, reutilização, reciclagem**. E apontam alternativas para cada um deles. Assim, tem-se:

**Redução da geração de resíduos na fonte** – Pode ser conseguida através das seguintes medidas, em traços gerais: 1 – Alterando a matéria-prima usada na produção/fabricação; 2 – Modificação do processo construtivo; 3 – Combate ao desperdício; 4 – Diminuição do uso de objetos e materiais descartáveis/dispensáveis.

E apontam como vantagens da redução da geração de resíduos os seguintes: 1 – Diminuição dos custos de transporte e disposição final; 2 – Diminuição dos custos com compras de materiais; 3 – Cumprimento das exigências legais; 4 – Diminuição do espaço necessário para estoques; 4 – Melhoria da imagem da empresa; 5 – Melhoria da segurança do trabalhador.

Sendo um pouco mais detalhistas, os autores referem as **seguintes medidas para diminuir a geração de resíduos nas obras**: 1 – Contratar serviços com uso de novas tecnologias; 2 – Comprar produtos apenas na quantidade suficiente (não comprar em excesso); 3 – Definir as customizações dos clientes, evitando demolições e retrabalhos; 4 – Implantar programa 5S; 5 – Comprar peças/componentes/materiais com embalagens que dispensem o respectivo descarte; 6 – Comprar “pré-fabricados” (Ex<sup>os</sup>: portas prontas, aço já cortado e dobrado, madeiras limpas e já cortadas nas medidas certas, usar perfis, fôrmas metálicas e fôrmas plásticas, evitando o uso de madeira); 7 – Melhorar as condições de armazenagem e o fluxo de materiais nas obras, através do projeto de canteiro de obra; 8 – Usar se possível containeres metálicos para as seguintes instalações de canteiro: refeitórios e banheiros (reduzem o uso de madeirit, assim como reduzem o entulho); 9 – Adotar medidas que reduzam o uso de papéis/papelões; 10 – Fazer a programação quanto à quantidade de traços necessários em cada betoneira, evitando sobras de argamassa/concreto; 11 – Usar vários tamanhos diferentes de tijolos/blocos, evitando a necessidade de quebrá-los, pois isso gera resíduos; 12 – Criar um prêmio para os funcionários que fizerem o serviço com menor perda de materiais possível; 13 – Onde for possível usar paredes “*dry-wall*”, pois o serviço é de **montagem e não de conversão**, o que reduz a quantidade de resíduos (parede “seca”, sem uso de argamassas e tijolos) – não há necessidade de chapiscos nem emboços nem rebocos; 14 – Usar a metodologia 5S que favorece a limpeza e organização no canteiro; 15 – Paletizar os materiais para evitar perdas no recebimento, transporte e armazenamento de materiais (envolver nessa paletização os fornecedores); 16 – Proteger os locais de armazenamento e delimitar as respectivas vias de acesso, o que evita outra fonte de perdas; 17 – Pavimentar as vias de acesso aos postos de trabalho para facilitar a locomoção de equipamentos de transporte horizontal, e evitando também pequenos acidentes/tropeçamentos/derrube e quebras de materiais; 18 – Fazer projeto de paginação de alvenaria, o que evita perdas neste serviço; 19 – Racionalizar a estação de trabalho da betoneira, aproximando-a das baias de agregados e ao depósito de cimento. Usando uma esteira rolante esta poderia conduzir o cimento até o auto-carregável, que alimentaria de seguida a betoneira; o auto-carregável alimentaria também a betoneira com os agregados, arrastando-os/captando-os desde o nível do solo até a “boca” da betoneira. Tudo isso faria com que um único operador poderia fazer todo o serviço da betoneira; 20 – Usar escoramento metálico em vez de madeira; 21 – Usar andaimes metálicos, reutilizáveis.

A propósito de algumas destas medidas sugeridas para reduzir a geração de resíduos das obras, ver as figuras 8, 9 e 10 a seguir.



Figura 8 – (esquerda) Uso de materiais tipo “dry-wall”; (direita) Paletização (Fonte: Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008)



Figura 9 – (esquerda) Demarcação de vias de acesso aos armazenamentos; (direita) Execução de serviço de alvenaria sem projeto de paginação (Fonte: Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008)



Figura 10 – (esquerda) Obra limpa e organizada; (direita) Racionalização da estação de trabalho da betoneira (Fonte: Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A., 2008)

**Reutilização – Algumas medidas possíveis são:** 1 – Implantação de central de corte e furo de cerâmicas nas obras, evitando a quebra de peças e conseqüente aumento do desperdício; 2 – Reutilização da serragem para limpeza de cofragens impregnadas de óleo desmoldante; 3 – Reutilização de pontas de tubulações elétricas (eletrodutos), como

espaçadores, garantindo recobrimentos mínimos em elementos da estrutura; 4 – Reutilização das pontas de madeira de travamento nas cofragens das vigas, para outros trabalhos; 5 – Reutilização das embalagens plásticas e metálicas com a função de baldes; 6 – Utilizar o resíduo produzido durante a obra em regularizações de terreno.

**Reciclagem – Algumas medidas genéricas:** 1 – Reciclagem sobretudo dos materiais de Classe A, os quais podem retornar à obra na forma de agregados reciclados, e podem ser usados em enchimentos nos contrapisos, pavimentação, ou até na produção de argamassas e concretos sem função estrutural. Também se podem usar na fabricação de blocos para alvenarias **de vedação**.

Sendo um pouco mais detalhistas, os autores referem as **seguintes possibilidades de reciclagem de RCC/RCD:**

**1 – Materiais cerâmicos** (origem: tijolos, telhas e pisos) – **Processo de reciclagem:** são triturados e reaproveitados como agregado não estrutural;

**2 – Materiais cimentícios** (origem: argamassas e concretos) – **Processo de reciclagem:** são triturados e reaproveitados como agregado não estrutural;

**3 – Madeiras** (origem: fôrmas, restos de carpintaria e marcenaria) – **Processo de reciclagem:** os restos são levados para indústrias de processamento de madeiras. A madeira é reaproveitada na produção de chapas de madeira aglomerada ou na alimentação de fornos e caldeiras;

**4 – Metais** (origem: tubulações, esquadrias e ferramentas) – **Processo de reciclagem:** encaminhados como sucata para siderúrgicas ou depósitos de ferro-velho;

**5 – Plásticos** (origem: tubulações, fiações e diversos) – **Processo de reciclagem:** os materiais são levados para indústrias especializadas na reciclagem de plásticos, e podem recolocá-los no mercado com outras finalidades.

#### **3.1.1.3.4 PGRCC – “GESTÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – A EXPERIÊNCIA DO SINDUSCON DE SÃO PAULO” (Pinto, T. de P., 2005)**

Este trabalho não apresenta um roteiro básico para elaboração, implementação e monitoramento de um PGRCC, ao contrário quer da “**Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil**” (Cunha Junior N.B., 2005), quer do “**Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil**” (Novaes, M. de V.; Mourão, C.A.M. do A. 2008).



A parte que mais interessa à elaboração, implantação e monitoramento de um PGRCC é a que corresponde no trabalho ao ítem/capítulo 4, com o título “Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil”, e que depois se subdivide nos seguintes itens: 4.1 Sequência de atividades; 4.2 Qualificação dos agentes; 4.3 Gestão no canteiro de obras; 4.4 Remoção dos resíduos do canteiro; 4.5 Destinação dos resíduos; 4.6 Especificações técnicas dos dispositivos e acessórios; 4.7 Avaliação de resultados; 4.8 Preparação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos.

No que tange ao seu ponto 4.1 (**sequência de atividades**), o trabalho de Pinto, T de P. (2005) começa por propor um cronograma de atividades que é o que se apresenta na figura 11.

| ATIVIDADES        | meses |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                   | 01    | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |
| Reunião inaugural |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Planejamento      |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Implantação       |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Monitoramento     |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Figura 11 – Cronograma de atividades para estabelecimento de método de gestão de resíduos para a construção civil (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

Quanto à reunião inaugural, Pinto, T. de P. (2005), começa por referir quem deve estar presente, quais os objetivos dessa reunião, quais as implicações das novas leis no estabelecimento de um novo processo de gerenciamento de RCC e seus impactos no setor da C.C., e quais os impactos no dia a dia das obras desse novo processo de gerenciamento. Tem semelhanças com alguns dos passos da fase de treinamento estabelecidos por Novaes, M. de V. e Mourão, C.A.M. do A., (2008) e que se encontram na figura 5.

No que diz respeito ao **planejamento**, o autor afirma que deve ser realizado a partir dos canteiros de obra, e serve para coletar uma série de informações quer em relação aos recursos humanos e de equipamentos disponíveis na mesma, quer em relação à obra propriamente dita, quer em relação ao arranjo físico dos espaços no canteiro, fluxos de resíduos e materiais, empresas transportadoras contratadas, locais de destinação dos resíduos, proposta de aquisição e distribuição de dispositivos de coleta e sinalização, definição dos responsáveis pelas coletas internas, acondicionamento e armazenamento, elaboração de rotinas para registro da destinação dos resíduos, possibilidades de reciclagem de materiais (sobretudo de classe A), prévia caracterização dos resíduos que poderão ser gerados em obra. No que se refere a essa caracterização, Pinto, T. de P. (2005) é o primeiro que diz expressamente **com essa caracterização pode ser feita: com base em memoriais descritivos, orçamentos e projetos.**



Já no que refere à **implantação**, o autor refere que esta começa imediatamente após a aquisição dos dispositivos de coleta e respectivos acessórios, com ações de treinamento quer para operários (com ênfase numa adequada segregação e manejo dos resíduos), quer para os envolvidos no controle da destinação dos resíduos.

O **monitoramento** implica na avaliação do desempenho da obra por *check-lists* e relatórios periódicos (limpeza, triagem, destinação). O autor afirma que devem ser feitos novos treinamentos sempre que houver a entrada de novos empreiteiros ou operários, ou diante de insuficiências detetadas nas avaliações.

No que tange ao ponto 4.2 (**qualificação dos agentes**), Pinto, T de P. (2005) afirma que os agentes envolvidos na gestão dos resíduos devem ser **previamente identificados e qualificados**, para garantir a segurança dos processos posteriores à geração. Isso envolve **fornecedores de dispositivos e acessórios, empresas transportadoras, e destinatários dos resíduos**.

No ítem 4.3 (**gestão no canteiro de obras**), o autor refere aspectos que dizem respeito à **organização do canteiro**, e aos **dispositivos e acessórios indicados para viabilizar a coleta diferenciada e a limpeza da obra**. Quanto aos **fluxos dos resíduos dentro da obra**, descreve **condições para o acondicionamento inicial, o transporte interno e o acondicionamento final**. Faz considerações gerais sobre a **possibilidade de reutilização ou reciclagem dos resíduos dentro dos próprios canteiros**. E sugere condições contratuais específicas para que empreiteiros e fornecedores formalizem o compromisso de cumprimento dos procedimentos propostos.

Pinto, T. de P. (2005) estabelece portanto **subdivisões nas atividades de acondicionamento, transporte e destinação**.

Assim, para o autor, o acondicionamento deve ser realizado segundo dois instantes. Primeiro ocorre o **acondicionamento inicial**, armazenando os resíduos o mais próximo dos locais de geração, de forma compatível com o seu volume e preservando a boa organização do espaço ao longo da obra. E posterior, o **acondicionamento final**, quando os resíduos são armazenados em recipientes próprios para serem removidos do canteiro.

Para a atividade de transporte também há **subdivisões, em transporte interno e externo**. O **transporte interno** pode ocorrer na horizontal (carrinhos, giricas, transporte manual), ou na vertical (elevador de carga, grua ou condutor de entulho). No **transporte externo**, a construtora deve atentar para alguns fatores na escolha das empresas coletoras, como a compatibilização com a forma de acondicionamento final dos resíduos, minimização do custo de coleta e remoção, possibilidade de valorização dos resíduos e adequação dos equipamentos utilizados para remoção aos padrões definidos por legislação.

Quanto a **organização do canteiro**, o autor sublinha a importância da **correta estocagem dos materiais, obedecendo a critérios de**: I - classificação; II - frequência de utilização; III - empilhamento máximo; IV - distanciamento entre as fileiras; V - alinhamento das pilhas; VI - distanciamento do solo; VII - separação, isolamento ou envolvimento por ripas, papelão, isopor, etc. (no caso de louças, vidros e outros materiais delicados, passíveis de riscos, trincas e quebras pela simples fricção); VIII - preservação da limpeza.

O autor refere ainda a **necessidade de planejar a disposição dos resíduos**. Assim, na elaboração dos projetos de canteiro, deve ser equacionada a disposição dos resíduos, **considerando os aspectos relativos ao acondicionamento diferenciado e a definição de fluxos eficientes**.

Quanto à **limpeza da obra**, o autor refere: a limpeza preferencialmente deve ser executada pelo próprio operário que gerar o resíduo. É necessário dispor com agilidade os resíduos nos locais indicados para acondicionamento, evitando comprometimento da limpeza e da organização da obra, decorrentes da dispersão dos resíduos. Quanto maior for a frequência e menor a área-objeto da limpeza, melhor será o resultado final, com redução do desperdício de materiais e ferramentas de trabalho, melhoria da segurança na obra e aumento da produtividade dos operários. Exemplo: É melhor fazer a limpeza “por ambiente” do que por pavimento.

No que diz respeito ao **fluxo dos resíduos** Pinto, T. de P. (2005) lista uma série de condições específicas para o acondicionamento inicial, transporte interno e acondicionamento final de cada resíduo identificado e coletado. Assim, **o acondicionamento inicial, em função do tipo de resíduo, deve ser realizado de acordo com** o que consta na figuras 12 e 13.

| TIPOS DE RESÍDUO   | ACONDICIONAMENTO INICIAL  |
|--|---|
| Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto, tijolos e assemelhados.  | Em pilhas formadas próximas aos locais de geração, nos respectivos pavimentos.  |
| Madeira  | Em bombonas sinalizadas e revestidas internamente por saco de rafia (pequenas peças) ou em pilhas formadas nas proximidades da própria bombona e dos dispositivos para transporte vertical (grandes peças).                       |
| Plásticos (sacaria de embalagens, aparas de tubulações etc.)   | Em bombonas sinalizadas e revestidas internamente por saco de rafia.  |
| Papelão (sacos e caixas de embalagens dos insumos utilizados durante a obra) e papéis (escritório)   | Em bombonas sinalizadas e revestidas internamente por saco de rafia, para pequenos volumes. Como alternativa para grandes volumes: bags ou fardos.  |
| Metal (ferro, aço, fiação revestida, arame etc.)   | Em bombonas sinalizadas e revestidas internamente por saco de rafia ou em fardos.   |
| Serragem   | Em sacos de rafia próximos aos locais de geração.   |
| Gesso de revestimento, placas acartonadas e artefatos  | Em pilhas formadas próximas aos locais de geração dos resíduos, nos respectivos pavimentos.   |
| Solos  | Eventualmente em pilhas e, preferencialmente, para imediata remoção (carregamento dos caminhões ou caçambas estacionárias logo após a remoção dos resíduos de seu local de origem).   |
| Telas de fachada e de proteção   | Recolher após o uso e dispor em local adequado.   |
| EPS (Poliestireno expandido) – exemplo: isopor   | Quando em pequenos pedaços, colocar em sacos de rafia. Em placas, formar fardos.  |
| Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas e de metal, instrumentos de aplicação como broxas, pincéis, trinchas e outros materiais auxiliares como panos, trapos, estopas etc. | Manuseio com os cuidados observados pelo fabricante do insumo na ficha de segurança da embalagem ou do elemento contaminante do instrumento de trabalho. Imediato transporte pelo usuário para o local de acondicionamento final. |
| Restos de uniforme, botas, panos e trapos sem contaminação por produtos químicos.  | Disposição nos bags para outros resíduos.   |

Figura 12 – Acondicionamentos iniciais adequados a cada tipo de resíduo da construção (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

| TIPOS DE RESÍDUO  | ACONDICIONAMENTO INICIAL   |
|---|--|
| Restos de alimentos, e suas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos (refeitório, sanitários e áreas de vivência). | Cestos para resíduos com sacos plásticos para coleta convencional. |
| Resíduos de ambulatório.  | Acondicionar em dispositivos, conforme normas específicas.         |

Figura 13 – Acondicionamentos iniciais adequados a resíduos não oriundos da atividade construtiva, em canteiro (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

Quanto ao **transporte interno de resíduos**, o autor **lista** também quais as **condições ideais para cada tipo de resíduo**, de acordo com a **figura 14**, da qual foram excluídos alguns resíduos que precisam de acondicionamento final imediatamente após a coleta.

| TIPOS DE RESÍDUO  | TRANSPORTE INTERNO  |
|---|---|
| Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto, tijolos e assemelhados. | Carrinhos ou giricas para deslocamento horizontal e condutor de entulho, elevador de carga ou grua para transporte vertical.  |
| Madeira   | Grandes volumes: transporte manual (em fardos) com auxílio de giricas ou carrinhos associados a elevador de carga ou grua. Pequenos volumes: deslocamento horizontal manual (dentro dos sacos de rafia) e vertical com auxílio de elevador de carga ou grua, quando necessário. |
| Plástico, papelão, papéis, metal, serragem e EPS (poliestireno expandido, por exemplo, isopor)                    | Transporte dos resíduos contidos em sacos, bags ou em fardos com o auxílio de elevador de carga ou grua, quando necessário.   |
| Gesso de revestimento, placas acartonadas e artefatos   | Carrinhos ou giricas para deslocamento horizontal e elevador de carga ou grua para transporte vertical.   |
| Solos   | Equipamentos disponíveis para escavação e transporte (pá-carregadeira, "bobcat" etc.). Para pequenos volumes, carrinhos e giricas.  |

Figura 14 – Transporte interno ideal para cada tipo de resíduo (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

A propósito do  **acondicionamento final de resíduos**, o autor afirma que para a definição do tamanho, quantidade, localização e do tipo de dispositivo a ser utilizado devem ser considerados os seguintes fatores: volume e características físicas dos resíduos, facilitação para a coleta, controle da utilização dos dispositivos (especialmente quando dispostos fora do canteiro), segurança para os usuários e preservação da qualidade dos resíduos nas condições necessárias para a destinação. E faz também uma listagem dos tipos ideais de dispositivos para acondicionamento final de cada tipo de resíduos, de acordo com as figuras 15 e 16.

| TIPOS DE RESÍDUO   | ACONDICIONAMENTO FINAL  |
|--|---|
| Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto, tijolos e assemelhados.  | Preferencialmente em caçambas estacionárias.  |
| Madeira  | Preferencialmente em baias sinalizadas, podendo ser utilizadas caçambas estacionárias.                                |
| Plásticos (sacaria de embalagens, aparas de tubulações etc.)   | Em bags sinalizados.  |
| Papelão (sacos e caixas de embalagens dos insumos utilizados durante a obra) e papéis (escritório)   | Em bags sinalizados ou em fardos, mantidos ambos em local coberto.  |
| Metal (ferro, aço, fiação revestida, arames etc.)  | Em baias sinalizadas.   |
| Serragem   | Baia para acúmulo dos sacos contendo o resíduo.   |
| Gesso de revestimento, placas acartonadas e artefatos  | Em caçambas estacionárias, respeitando condição de segregação em relação aos resíduos de alvenaria e concreto.        |
| Solos  | Em caçambas estacionárias, preferencialmente separados dos resíduos de alvenaria e concreto.                          |
| Telas de fachada e de proteção   | Disponer em local de fácil acesso e solicitar imediatamente a retirada ao destinatário.                               |
| EPS (poliestireno expandido) – exemplo: isopor   | Baia para acúmulo dos sacos contendo o resíduo ou fardos.   |
| Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas e de metal, instrumentos de aplicação como broxas, pincéis, trinchas e outros materiais auxiliares como panos, trapos, estopas etc. | Em baias devidamente sinalizadas e para uso restrito das pessoas que, durante suas tarefas, manuseiam estes resíduos. |
| Restos de uniformes, botas, panos e trapos sem contaminação por produtos químicos.   | Em bags para outros resíduos.   |

Figura 15 – Acondicionamento final ideal para cada tipo de resíduo da construção (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

| TIPOS DE RESÍDUO   | ACONDICIONAMENTO FINAL   |
|--|--|
| Restos de alimentos e suas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos (refeitório, sanitários e áreas de vivência). | Cestos para resíduos com sacos plásticos para coleta convencional. |
| Resíduos de ambulatório.   | Acondicionar em dispositivos, conforme normas específicas.         |

Figura 16 – Acondicionamento final ideal para resíduos não oriundos da atividade construtiva, em canteiro (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

No que respeita a **reutilização e reciclagem de resíduos**, o autor começa por afirmar que deve haver atenção especial sobre a possibilidade da reutilização de materiais ou mesmo sobre a viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos no canteiro, evitando sua remoção e destinação. Afirma ainda que a reutilização e reciclagem geram economia por dispensarem a compra de novos materiais e por evitarem a sua identificação como resíduo gerando dessa forma custo de remoção. No entanto, a reutilização e reciclagem exigem o correto manejo dos resíduos no interior do canteiro. Logo de seguida o autor faz uma listagem de materiais passíveis de reutilização, bem como os cuidados requeridos para

esse efeito, mas não refere que reutilizações específicas desses materiais poderiam ter na obra. A lista de materiais reutilizáveis é a que consta da figura 17.

| TIPOS DE MATERIAL OU RESÍDUOS   | CUIDADOS REQUERIDOS  | PROCEDIMENTO   |
|---|--|--|
| Painéis de madeira provenientes da desforma de lajes, pontaletes, sarrafos etc. | Retirada das peças, mantendo-as separadas dos resíduos inaproveitáveis.            | Manter as peças empilhadas, organizadas e disponíveis o mais próximo possível dos locais de reaproveitamento. Se o aproveitamento das peças não for próximo do local de geração, essas devem formar estoque sinalizado nos pavimentos inferiores (térreo ou subsolos). |
| Blocos de concreto e cerâmicos parcialmente danificados                         | Segregação imediatamente após a sua geração, para evitar descarte.                 | Formar pilhas que podem ser deslocadas para utilização em outras frentes de trabalho.  |
| Solo  | Identificar eventual necessidade do aproveitamento na própria obra para reaterros. | Planejar execução da obra compatibilizando fluxo de geração e possibilidades de estocagem e reutilização.  |

Figura 17 – Tipos de materiais reutilizáveis, e correspondentes cuidados requeridos e procedimentos para esse efeito (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

Em relação à **reciclagem em canteiro dos resíduos de alvenaria, concreto e cerâmicos**, o autor refere uma série de aspetos que deverão ser tidos em conta, para só depois se fazer uma análise da viabilidade econômica e financeira dessa reciclagem, os quais são: i) volume e fluxo estimado de geração; ii) investimento e custos para a reciclagem (equipamento, mão-de-obra, consumo de energia etc.); iii) tipos de equipamentos disponíveis no mercado e especificações;

iv) alocação de espaços para a reciclagem e formação de estoque de agregados; v) possíveis aplicações para os agregados reciclados na obra; vi) controle tecnológico sobre os agregados produzidos; vii) custo dos agregados naturais; viii) custo da remoção dos resíduos.

Quanto à gestão de resíduos da construção civil, Pinto, T. de P. (2005), chama a atenção para o fato de que os resultados desta carecem de um comprometimento de toda a cadeia produtiva, desde a Alta Administração até os quadros intermediários como engenheiros gerentes de obra, encarregados e administrativos, e envolvendo até os fornecedores de insumos.

Nesse sentido, e sobretudo no que refere a estes últimos e ao pessoal de obra, para além de ações de treinamento e capacitação, há também a estrita **necessidade de formalização/contratualização de alguns aspetos como sejam**: 1 - evidenciar a necessidade do zelo com a limpeza e a organização permanentes da obra; 2 - responsabilizar empreiteiros pela má utilização dos insumos, materiais e dispositivos de uso comum; 3 - obrigar a observância das condições estabelecidas para a triagem dos resíduos; 4 - compartilhar com o contratado, em casos específicos, a responsabilidade pela destinação dos resíduos, examinando e aprovando solução para destinação e exigindo a apresentação da documentação pertinente; 5 - avaliar os empreiteiros em relação à limpeza

da obra, triagem dos resíduos nos locais de geração, acondicionamento final e destinação (quando for aplicável), atribuindo notas e penalizando os responsáveis por irregularidades.

No que se refere à **remoção dos resíduos do canteiro**, Pinto, T. de P. (2005) afirma que a coleta e remoção dos resíduos do canteiro devem **conciliar os seguintes fatores**: I - compatibilização com a forma de acondicionamento final dos resíduos na obra; II - minimização dos custos de coleta e remoção; III - possibilidade de valorização dos resíduos; IV - adequação dos equipamentos utilizados para coleta e remoção aos padrões definidos em legislação.

E respeitante a este fluxo, em seguida, o autor define as **formas adequadas de coleta e remoção dos resíduos do canteiro, em função de cada tipo**, de acordo com as figuras 18 e 19.

| TIPOS DE RESÍDUO  | REMOÇÃO DOS RESÍDUOS   |
|---|--|
| Blocos de concreto, blocos cerâmicos, outros componentes cerâmicos, argamassas, concreto, tijolos e assemelhados.   | Caminhão com equipamento poliguindaste ou caminhão com caçamba basculante, sempre coberto com lona.  |
| Madeira   | Caminhão com equipamento poliguindaste, caminhão com caçamba basculante ou caminhão com carroceria de madeira, respeitando as condições de segurança para a acomodação da carga na carroceria do veículo, sempre coberto com lona. |
| Plásticos (sacaria de embalagens, aparas de tubulações etc.)  | Caminhão ou outro veículo de carga, desde que os bags sejam retirados fechados para impedir mistura com outros resíduos na carroceria e dispersão durante o transporte.  |
| Papelão (sacos e caixas de embalagens dos insumos utilizados durante a obra) e papéis (escritório)  | Caminhão ou outro veículo de carga, desde que os bags sejam retirados fechados para impedir mistura com outros resíduos na carroceria e dispersão durante o transporte.  |
| Metal (ferro, aço, fiação revestida, arames etc.)   | Caminhão preferencialmente equipado com guindaste para elevação de cargas pesadas ou outro veículo de carga.   |
| Serragem e EPS (poliestireno expandido, exemplo: isopor).   | Caminhão ou outro veículo de carga, desde que os sacos ou bags sejam retirados fechados para impedir mistura com outros resíduos na carroceria e dispersão durante o transporte.   |
| Gesso de revestimento, placas acartonadas e artefatos   | Caminhão com equipamento poliguindaste ou caminhão com caçamba basculante, sempre coberto com lona.  |
| Solo  | Caminhão com equipamento poliguindaste ou caminhão com caçamba basculantes, sempre coberto com lona.   |
| Telas de fachada e de proteção  | Caminhão ou outro veículo de carga, com cuidado para contenção da carga durante o transporte.  |
| Materiais, instrumentos e embalagens contaminados por resíduos perigosos (exemplos: embalagens plásticas e de metal, instrumentos de aplicação como broxas, pincéis, trinchas e outros materiais auxiliares como panos, trapos, estopas etc.) | Caminhão ou outro veículo de carga, sempre coberto.  |

Figura 18 – Forma adequada de coleta e remoção de cada tipo de resíduo da construção (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

| TIPOS DE RESÍDUO   | REMOÇÃO DOS RESÍDUOS   |
|--|--|
| Restos de alimentos e suas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos (refeitório, sanitários e áreas de vivência). | Veículos utilizados na coleta pública dos resíduos domiciliares, obedecendo os limites estabelecidos pela legislação municipal competente. |
| Resíduos de ambulatório.   | Veículos definidos pela legislação municipal competente.   |

Figura 19 – Forma adequada de coleta e remoção de resíduos provenientes de atividades não construtivas, em canteiro (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)



De novo o autor chama a atenção para os **aspectos que devem ser considerados nos contratos para prestação de serviços de coleta e remoção** e que são os seguintes:

1 - Quando da utilização de caçambas estacionárias, obediência às especificações da legislação municipal, notadamente nos aspectos relativos à segurança; 2 - Disponibilizar equipamentos em bom estado de conservação e limpos para uso; 3 - Observância das condições de qualificação do transportador (regularidade do cadastro junto ao órgão municipal competente; 4 - Estabelecer a obrigatoriedade do registro da destinação dos resíduos nas áreas previamente qualificadas e cadastradas pelo próprio gerador dos resíduos (observadas as condições de licenciamento quando se tratar de Áreas de Transbordo e Triagem, Áreas de Reciclagem, Áreas de Aterro para Resíduos da Construção Civil ou Aterros de Resíduos Perigosos); 5 - Condicionar o pagamento pelo transporte à comprovação da destinação dos resíduos.

Quanto à destinação, o autor refere os **fatores determinantes na designação de soluções para a destinação dos resíduos**: I - possível reutilização ou reciclagem nos próprios canteiros; II - proximidade dos destinatários para minimizar custos de deslocamento; III - conveniência do uso de áreas especializadas para a concentração de pequenos volumes de resíduos mais problemáticos, visando à maior eficiência na destinação. Apresenta uma proposta de soluções possíveis para destinação dos vários tipos de resíduos, que é a das figuras 20 e 21.

| TIPOS DE RESÍDUO  | CUIDADOS REQUERIDOS   | DESTINAÇÃO  |
|---|---|---|
| Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto, tijolos e assemelhados. | Privilegiar soluções de destinação que envolvam a reciclagem dos resíduos, de modo a permitir seu aproveitamento como agregado. | Áreas de Transbordo e Triagem, Áreas para Reciclagem ou Aterros de resíduos da construção civil licenciadas pelos órgãos competentes; os resíduos classificados como classe A (blocos, telhas, argamassa e concreto em geral) podem ser reciclados para uso em pavimentos e concretos sem função estrutural ( <b>FOTOS 10 E 11</b> ). |
| Madeira   | Para uso em caldeira, garantir separação da serragem dos demais resíduos de madeira.  | Atividades econômicas que possibilitem a reciclagem destes resíduos, a reutilização de peças ou o uso como combustível em fornos ou caldeiras.  |
| Plásticos (embalagens, aparas de tubulações etc.)   | Máximo aproveitamento dos materiais contidos e a limpeza da embalagem.  | Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.  |
| Papelão (sacos e caixas de embalagens) e papéis (escritório)  | Proteger de intempéries.  | Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.  |
| Metal (ferro, aço, fiação revestida, arames etc.)   | Não há.   | Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos. ( <b>FOTO 13</b> )   |
| Serragem  | Ensacar e proteger de intempéries.  | Reutilização dos resíduos em superfícies impregnadas com óleo para absorção e secagem, produção de briquetes (geração de energia) ou outros usos.   |
| Gesso em placas acartonadas   | Proteger de intempéries.  | É possível a reciclagem pelo fabricante ou empresas de reciclagem.  |
| Gesso de revestimento e artefatos   | Proteger de intempéries.  | É possível o aproveitamento pela indústria gesseira e empresas de reciclagem.   |
| Solo  | Examinar a caracterização prévia dos solos para definir destinação.   | Desde que não estejam contaminados, destinar a pequenas áreas de aterramento ou em aterros de resíduos da construção civil, ambos devidamente licenciados pelos órgãos competentes.   |
| Telas de fachada e de proteção  | Não há.   | Possível reaproveitamento para a confecção de bags e sacos ou até mesmo por recicladores de plásticos. ( <b>FOTO 12</b> )   |

Figura 20 – Forma adequada de coleta e remoção de resíduos provenientes de atividades não construtivas, em canteiro – Parte I (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

| TIPOS DE RESÍDUO  | CUIDADOS REQUERIDOS   | DESTINAÇÃO  |
|---|---|---|
| EPS (poliestireno expandido - exemplo: isopor)  | Confinar, evitando dispersão.   | Possível destinação para empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam, reciclam ou aproveitam para enchimentos. |
| Materiais, instrumentos e embalagens contaminados por resíduos perigosos (exemplos: embalagens plásticas e de metal, instrumentos de aplicação como broxas, pincéis, trinchas e outros materiais auxiliares como panos, trapos, estopas etc.) | Maximizar a utilização dos materiais para a redução dos resíduos a descartar. | Encaminhar para aterros licenciados para recepção de resíduos perigosos.  |

Figura 21 – Forma adequada de coleta e remoção de resíduos provenientes de atividades não construtivas, em canteiro – Parte II (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)

Também aqui existe a necessidade de formalização dos procedimentos. **A formalização da destinação dos resíduos deve ser iniciada por meio da identificação e do cadastramento dos destinatários. Algumas informações relevantes que devem fazer parte deste cadastro são:** 1 - Data do cadastramento; 2 - Razão Social do destinatário; 3 - CNPJ; 4 - Nome do responsável pela empresa; 5 – Telefone.

Um exemplo de modelo de ficha cadastral para melhor organização das informações relativas aos destinatários de resíduos é a da figura 22 (esquerda).

| CADASTRO DOS DESTINATÁRIOS DE RESÍDUOS                 |                      |
|--|----------------------|
| <b>INFORMAÇÕES DO GERADOR</b>                          |                      |
| RAZÃO SOCIAL:  |                      |
| OBRA:  |                      |
| ENDEREÇO:  |                      |
| <b>RESÍDUOS PASSÍVEIS DE DESTINAÇÃO</b>                |                      |
| <input type="checkbox"/>                               | ALVENARIA E CONCRETO |
| <input type="checkbox"/>                               | GESSO                |
| <input type="checkbox"/>                               | MADEIRA              |
| <input type="checkbox"/>                               | PAPEL                |
| <input type="checkbox"/>                               | METAL                |
| <input type="checkbox"/>                               | PLÁSTICO             |
| <input type="checkbox"/>                               | SOLO                 |
| <input type="checkbox"/>                               | OUTROS (DESCREVER)   |
| <b>INFORMAÇÕES DO DESTINATÁRIO</b>                     |                      |
| DATA DO CADASTRAMENTO:                                 |                      |
| RAZÃO SOCIAL:  |                      |
| CNPJ:  |                      |
| ENDEREÇO DA DESTINAÇÃO:                                |                      |
| NOME DO RESPONSÁVEL:                                   |                      |
| TEL.:  |                      |
| ATIVIDADE PRINCIPAL DO DESTINATÁRIO:                   |                      |
| DESCRIÇÃO DO PROCESSO A SER APLICADO AO(S) RESÍDUO(S): |                      |
| OUTRAS INFORMAÇÕES:                                    |                      |

| OBRA<br>CTR - CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS  |                  |              |
|---|------------------|--------------|
| Informações do Gerador  |                  |              |
| Nome ou Razão Social  |                  | CPF ou CNPJ  |
| Endereço da retirada  | Obra             | Data         |
| 1ª Via - Gerador    2ª Via - Transportador    3ª Via - Destinatário   |                  |              |
| Tipo de Resíduo   | Peso ou Volume   | Unidade      |
| ALVENARIA, ARGAMASSAS E CONCRETO  |                  |              |
| GESSO   |                  |              |
| MADEIRA   |                  |              |
| PAPEL   |                  |              |
| METAL   |                  |              |
| PLÁSTICO  |                  |              |
| SOLO  |                  |              |
| MATERIAL ASFÁLTICO  |                  |              |
| VOLUMOSOS (INCLUINDO PCDA)  |                  |              |
| Outros (especificar)  |                  |              |
| <b>TERMO DE RESPONSABILIDADE - RETIRADA DOS BAGS</b>  |                  |              |
| Assumo a responsabilidade pela devolução dos <span style="float: right;">(quantidade retirada)</span><br>bags ora retirados da obra, comprometendo-me a reparar o prejuízo decorrente da sua não devolução. |                  |              |
| Nome por extenso e/ou carimbo do responsável pela retirada e devolução  |                  | Assinatura   |
| Informações do Transportador  |                  |              |
| Nome (PF) ou Razão Social (PJ)  |                  |              |
| CNPJ / CPF  | Inscr. Municipal |              |
| Tipo de veículo   | Placa            |              |
| Informações do Destinatário   |                  |              |
| Nome ou Razão Social  |                  | CPF ou CNPJ  |
| Endereço de destinação  |                  |              |
| Assinaturas / Carimbos  |                  |              |
| Gerador   | Transportador    | Destinatário |

Figura 22 (esquerda) – Modelo de ficha cadastral para destinatários de resíduos da construção; (direita) – Modelo de CTR que atende as NBR 15112:2004 a 15114:2004 (Fonte: Pinto, T. de P., 2005)



**Depois de cadastrado o destinatário, cada coleta deverá implicar emissão do documento CTR** (Controle de Transporte de Resíduos), que registrará a destinação dos resíduos coletados. **Neste documento deverão constar as seguintes informações:** 1 - Dados do gerador (Razão social /nome, CNPJ / CPF, endereço para retirada e identificação da obra); 2 - Resíduos destinados, com volume ou peso e unidades correspondentes; 3 - Dados do transportador (Razão social / nome, CNPJ / CPF, inscrição municipal, tipo de veículo e placa); 4 - Termo de responsabilidade para devolução de bags da obra: quantidade, nome e assinatura do responsável; 5 - Dados do destinatário (Razão social / nome, CNPJ / CPF, endereço da destinação); 6 - Assinaturas e carimbos (gerador, transportador e destinatário).

Em seguida Pinto, T. de P. (2005) apresenta um **modelo de CTR que atende às NBR 15112:2004 a 15114:2004** e que deve ser emitido em três vias (1ª via – para gerador; 2ª via – para transportador; 3ª via – para destinatário) e que é o da figura 22 (direita), acima.

Para fazer a **avaliação dos resultados obtidos com a implementação dos procedimentos contemplados no PGRCC**, Pinto, T. de P. (2005) propõe algumas **fichas de avaliação/verificação para determinados fluxos do processo**, como sejam fichas de avaliação/verificação para as etapas de limpeza e segregação na fonte, e acondicionamento final. No caso das fichas apresentadas pelo autor, foi usada uma pontuação de 1 até 10 para cada aspecto analisado, com os significados seguintes:

Péssimo = 1,0 a 2,9; Fraco = 3,0 a 4,9; Regular = 5,0 a 6,9; Bom = 7,0 a 8,9 e Ótimo= 9,0 a 10). Essas fichas podem também incluir uma listagem dos problemas mais frequentes verificados em cada uma dessas etapas/fluxos do processo (caracterização, segregação, acondicionamento, transporte, armazenamento e destinação).

Essa **fase de avaliação dos resultados obtidos com a implementação do PGRCC deve ainda ser complementada com um relatório**. O relatório, além de expressar de forma sintética os resultados obtidos através das fichas de avaliação/verificação, também avalia e dá ênfase ao registro da destinação compromissada dos resíduos. São consideradas, num intervalo de tempo, as destinações adotadas, as quantidades de resíduos gerados, os custos ou as remunerações atual e anterior para efeito de comparação e nota da avaliação.

No ítem 4.8 (**preparação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos**) o autor sintetiza quais as partes que devem constituir o PGRCC, e explica que elas correspondem aos itens já anteriormente discriminados de forma mais detalhada, ao longo de seu trabalho.

### **3.1.1.3.5 PGRCC – “GUIA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL” (Lima, R.S. e Lima, R.R.R. 2012)**

De acordo com Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012), o guia de Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012) também contém um roteiro básico para elaboração do PGRCC muito semelhante com o roteiro apresentado no trabalho “Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil”, de Cunha Junior, N.B. (2005).

A distinção entre os dois trabalhos se faz na apresentação de uma etapa a menos, sendo agora, no de Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012) as etapas as seguintes: informações gerais, elementos do PGRCC, comunicação e educação ambiental, e cronograma de implantação do PGRCC.

Ainda segundo Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012), no guia de Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), a etapa de demolição faz parte de um dos itens referentes às informações gerais, e a atividade de transporte é fracionada em transporte interno e externo, tal como acontecia com o trabalho de Pinto, T. de P. (2005). No transporte interno, os resíduos devem ser encaminhados desde os locais de acondicionamento inicial até os locais de acondicionamento final/armazenamento, ainda dentro do canteiro. Esse transporte interno é geralmente realizado por guinchos, guias, elevadores de cargas e carrinhos de mão ou gericas.

Quanto ao transporte externo, além das informações mencionadas no trabalho de Cunha Junior, N.B. (2005), os autores destacam que o mesmo deve ser realizado por empresas licenciadas, as quais geralmente utilizam caminhões com equipamento poliguindaste ou caminhões com caçamba basculante, devendo ser cobertos com lonas para evitar derramamento em vias públicas.

Os autores, à semelhança de Pinto, T. de P. (2005) acrescentam que a obra deve ter o controle do transporte externo através da ficha CTR (Controle de Transporte de Resíduos), a qual contém dados do gerador, quantidade e tipo de resíduo, dados do transportador e local de destino final dos resíduos. Referem ainda que este controle é importante para a sistematização das informações da geração de resíduos da obra.

De acordo com Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012), o roteiro proposto por Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012) apresenta o acréscimo de mais uma atividade que deve compor o PGRCC, denominada Reutilização e Reciclagem. Nesta etapa, devem ser descritos todos os procedimentos que serão adotados para proceder à reutilização e reciclagem dos resíduos gerados no canteiro.

O guia de Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012) também traz recomendações para que haja uma fase de Planejamento Inicial, na qual se devem avaliar os projetos de construção

do edifício e buscar meios para reduzir ao máximo a geração de resíduos. Nesse momento momento é importante que a concepção do projeto arquitetônico tenha preocupações com o sistema construtivo a ser adotado, tipos de materiais empregados, modulações e integração com os projetos complementares. O levantamento orçamentário também deve ser bem elaborado para evitar perdas com excesso de aquisição de materiais.

Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012) concluem que se pode observar de que não existe um padrão totalmente definido, único, fixo, sobre a estrutura do PGRCC nos trabalhos analisados, embora todos sigam as recomendações mínimas da Resolução CONAMA 307/02, contemplando as atividades de Caracterização, Triagem, Transporte, Acondicionamento e Destinação. Porém, alguns trabalhos vão mais além, recomendando outras atividades que tornam o PGRCC mais completo: Minimização, Transbordo, Reutilização e Reciclagem dos resíduos.

Nos cinco trabalhos analisados também existem recomendações no sentido de que haja preocupações quanto à organização do canteiro, treinamento da equipe de obra, monitoramento das ações desenvolvidas no PGRCC e haver uma fase de planejamento inicial, analisando os projetos do empreendimento e os processos construtivos adotados.

Na opinião de Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. (2012), corroborada pela figura 23, e dentre todos os trabalhos analisados, o que se apresentou mais completo em relação à diversidade de informações que deve conter o PGRCC foi o “Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil”, de Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012).

| FASES  | ATIVIDADES DO PROJETO DE GERENCIAMENTO DE RCC             | Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil (Minas Gerais) - Cunha, 2005 | Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil – A Experiência do Sinduscon-SP (São Paulo) - Pinto, 2005 | Gestão de Resíduos na Construção Civil (Sergipe) - Barreto, 2005 | Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil (Ceará) - Novaes e Mourão, 2008 | Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (Paraná) - Lima e Lima, 2009 |
|--|---|--|--|--|--|---|
| Informações Gerais   | Identificação do Empreendedor                             | x  |  |  | x  | x   |
|  | Responsável Técnico pela Obra                             | x  |  |  | x  | x   |
|  | Responsável Técnico pela Elaboração do PGRCC              | x  |  |  | x  | x   |
|  | Equipe Técnica responsável pela elaboração do PGRCC       | x  |  |  |  | x   |
|  | Caracterização do Empreendimento                          | x  |  |  | x  | x   |
| Atividades do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil | Caracterização dos Resíduos                               | x  | x  | x  | x  | x   |
|  | Triagem ou Segregação dos Resíduos                        | x  | x  | x  | x  | x   |
|  | Acondicionamento dos Resíduos                             | x  | x  | x  | x  | x   |
|  | Transporte dos Resíduos                                   | x  | x  | x  | x  | x   |
| Resíduos da Construção Civil   | Destinação dos Resíduos                                   |  | x  | x  | x  | x   |
|  | Redução dos Resíduos                                      | x  |  | x  | x  | x   |
|  | Reutilização dos Resíduos                                 |  | x  | x  |  | x   |
|  | Reciclagem dos Resíduos                                   |  | x  | x  |  | x   |
| Demolições   | Transbordo de Resíduos                                    | x  |  |  |  | x   |
| Comunicação e Educação Ambiental                                       | Licença de Demolição                                      | x  |  |  |  | x   |
|  | Apresentação do Plano de Comunicação e Educação Ambiental | x  |  |  |  | x   |
| Cronograma   | Cronograma da implantação do PGRCC                        | x  |  |  |  | x   |

Figura 23 – Análise comparativa entre a estrutura proposta para o PGRCC nos cinco trabalhos anteriormente analisados (Fonte: Brum, F.M. e Hippert, M.A.S. 2012)

O trabalho de Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012) será aliás usado ao longo do presente texto para ilustrar outros pontos da fundamentação teórica.

### 3.1.2 NORMAS NACIONAIS SOBRE RCC/RCD

As normas nacionais que versam sobre RCC/RCD são cinco, a saber: NBR 15112:2004, NBR 15.113:2004, NBR 15.114:2004, NBR 15115:2004 e NBR 15116:2004

Marques Neto (2009), **subdividiu esse conjunto de normas técnicas em dois grupos, conforme os seus objetivos**, a saber:

- Normas técnicas Brasileiras **para Disposição Correta de RCD** que engloba as NBR 15112:2004, NBR 15113:2004 e NBR 15114:2004

Estas três normas, segundo o autor, foram criadas na tentativa de reduzir os impactos causados pelas deposições irregulares dos resíduos.

- Normas técnicas Brasileiras para **uso de agregados reciclados** (provenientes de RCC/RCD classe A), que engloba a NBR 15115:2004 e a NBR 15116:2004

Segundo Marques Neto (2009), **as NBR para disposição correta de RCC/RCD são importantes instrumentos para viabilizar empreendimentos com esta finalidade**. E de posse destas normas, os gestores públicos responsáveis pelos resíduos das cidades podem desenvolver seus projetos, **disciplinando as atividades de reservação e reciclagem da fração inerte do entulho e a correta disposição do mesmo**.

Os escopos das NBR 15112:2004 , NBR 15113:2004 e 15:114:2004 são os seguintes:

✓ NBR 15112:2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - **Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.**

✓ NBR 15113:2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – **Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.**

✓ NBR 15114:2004 – Resíduos sólidos da construção civil – **Áreas de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.**

✓ Já os escopos das normas para uso de agregados reciclados, as NBR 15115:2004 e NBR 15116:2004 são:

✓ NBR 15115:2004 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos.**

✓ NBR 15116:2004 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Requisitos.**

Brum, F.M. (2013), e com base em Miranda, Angulo e Careli (2009), apresenta um quadro síntese do principal conteúdo das cinco normas anteriormente referidas relativas a RCC/RCD, que é o da figura 24.

| NORMAS   | ANO  | CONTEÚDO   |
|--|------|--|
| NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.                 | 2004 | Procedimentos para áreas de transbordo e triagem dos resíduos de diversas classes, incluindo o controle e proteção ambiental.                                    |
| NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.                                | 2004 | Procedimentos para preparo de locais à receber resíduos Classe A, incluindo proteção das águas e ambiental, orientando sobre planos de controle e monitoramento. |
| NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.                                       | 2004 | Procedimentos para isolamento da área e para o recebimento, triagem e processamento de resíduos de Classe A.   |
| NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.                                 | 2004 | Características dos agregados e as condições para uso e controle na execução de reforço de sub-leito, sub-base, base e revestimentos primários.                  |
| NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. | 2004 | Característica dos agregados, condições de produção e condições para o emprego de agregados em pavimentação e concreto sem função estrutural.                    |

Figura 24 - Normas Técnicas Brasileiras de 2004 relacionadas aos RCC/RCD (Fonte: Brum, F.M. (2013) adaptando a partir de Miranda, Angulo e Careli (2009))

Em seguida detalharemos um pouco mais o conteúdos das normas NBR 15112:2004, NBR 15113:2004 e NBR 15114:2004, que tal como Marques Neto afirmou são **as três normas fundamentais para disposição correta de RCC/RCD**, e importantes instrumentos para viabilizar empreendimentos com essa finalidade. As outras duas (NBR 15115:2004 e NBR 15116:2004) são normas de caráter mais tecnológico sobre a aplicação de agregados reciclados.

### 3.1.2.1 NBR 15112:2004

Detalhando um pouco mais o conteúdo sintetizado por Brum na figura anterior e a respeito da NBR 15112:2004 (**Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**), pode-se afirmar que:

A norma **começa por estabelecer uma série de definições e conceitos** como seja: o que são resíduos da construção civil, resíduos volumosos, o que é uma área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, o que é um ponto de entrega de pequenos volumes, o que é um aterro de resíduos da construção civil e

de resíduos inertes, o que é o processo de reutilização de resíduos, reciclagem de resíduos, reservação de resíduos, o que são geradores de resíduos, transportadores, o que é o CTR (controle de transporte de resíduos).

**Discrimina** também quais são (suas características e exemplos dos mesmos) **os resíduos das várias classes** (classe A, classe B, classe C e classe D).

**Estabelece as condições de implantação das Áreas de Transbordo e Triagem**, a nível de: condições de isolamento, identificação, equipamentos de segurança e sistemas de proteção ambiental, e quais dessas condições também são válidas para os pontos de entrega de pequenos volumes.

A seguir a norma **estabelece as condições gerais de projeto para as áreas de transbordo e triagem** a nível de: 1 – Informações cadastrais; 2 – Memorial descritivo; 3 – Croqui do empreendimento; 4 – Relatório Fotográfico da área; 5 – Plano de Controle de Recebimento de resíduos; 6 – Responsabilidade e autoria do projeto; 7 – Eventuais anexos.

Depois, a norma **estabelece as condições de operação de áreas de transbordo e triagem** a nível de : 1 – Controle de recebimento de resíduos; 2 – Controle quantitativo e qualitativo de resíduos.

**Estabelece um conjunto de diretrizes (regras) para operação da área de transbordo e triagem.**

**Em anexo** a norma apresenta um modelo com o **conteúdo mínimo que deve constar de uma ficha CTR (controle de transporte de resíduos)**, estabelecendo que esse conteúdo mínimo deve ser reproduzido em três vias: uma para ficar em posse do gerador dos resíduos, outra em posse do transportador de resíduos e outra em posse do destinatário dos resíduos.

### **3.1.2.2 NBR 15113:2004**

Detalhando um pouco mais o conteúdo sintetizado por Brum na figura 5 agora para a NBR 15113:2004 (Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - **Áterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação**), **pode-se afirmar que:**

A norma começa por referir quais os seus próprios **objetivos, que são os três seguintes:**

1 – Fixar os **requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de RCC classe A e de resíduos inertes;**

2 – Visar a reservação segregada dos materiais, para sua futura utilização, ou a disposição dos mesmos, para futura utilização da área.

3- Visar a proteção das coleções hídricas superficiais ou subterrâneas próximas, das condições de trabalho dos operadores dos aterros, e da qualidade de vida das populações vizinhas aos aterros.

Em seguida faz um conjunto de referências normativas: Resolução CONAMA nº 20, de 18/06/1986 (classificação de águas doces, salobras e salinas do território nacional); Resolução CONAMA nº 307, de 05/06/2002 (gestão de RCC); Portaria nº 1469/GM do Ministério da Saúde, de 29/12/2000 (norma de qualidade de água para consumo humano); NBR 6484:2001 (solo – sondagem de simples reconhecimento com ensaio SPT); NBR 10006:1987 (solubilizado de resíduos – procedimento); NBR 10007:1987 (amostragem de resíduos – procedimento); NBR 13895:1997 (construção de poços de monitoramento e amostragem – procedimento); NBR 15112:2004 (RCC e volumosos – ATT – diretrizes para projeto, implantação e operação)

Depois, **estabelece uma série de definições e conceitos** como seja: o que são RCC/RCD (ver NBR 15112:2004), o que são Resíduos Classe III – inertes (aqueles que, quando amostrados de forma representativa, segundo a NBR 10007, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ensaio de solubilidade segundo a NBR 10000, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme a portaria 1469 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA nº 20, exceptuando os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor), o que é um aterro de RCC/RCD e de resíduos inertes (ver NBR 15112:2004), o que é uma ATT de RCC/RCD e resíduos volumosos (ver 15112:2004), reservação de resíduos (ver 15112:2004), o que é um Sistema de Monitoramento de Águas Subterrâneas (rede de poços implantada para permitir a avaliação de possíveis influências do líquido percolado do aterro na qualidade das águas subterrâneas, conforme a NBR 13895), o que é uma ficha CTR (controle de transporte de resíduos, ver NBR 15112:2004)

No seguimento, estabelece de novo as quatro classes de RCC/RCD (classe A, classe B, classe C e classe D).

Discrimina as **condições de implantação dos aterros**, a nível de: 1 – Critérios para localização; 2 – Acessos, isolamento e sinalização; 3 – Iluminação e energia; 4 – Comunicação; 5 – Análise de resíduos; 6 – Treinamento; 7 – Proteção das Águas Superficiais e Subterrâneas;

Discrimina também as **condições gerais para projeto**, começando por algumas generalidades e passando depois para: 1 – Responsabilidade e autoria do projeto; 2 – Partes constituintes do projeto e sua forma de apresentação (memorial descritivo, memorial técnico, cronograma, desenhos, eventuais anexos)

Detalha em seguida quais as partes constituintes do memorial descritivo (informações cadastrais, informações sobre os resíduos a serem reservados ou dispostos no aterro, informações sobre o local destinado ao aterro, informações sobre o local destinado ao armazenamento temporário dos resíduos de classe D, concepção e justificativa do projeto, descrição e especificações de projeto, e o método de operação do aterro).

Dentro das informações sobre os resíduos a serem reservados ou dispostos no aterro tem-se: 1 – estimativa da quantidade mensal de resíduos a ser recebida; 2 – horário de recebimento dos resíduos e de funcionamento do aterro; 3 – estimativa da massa específica dos resíduos.

Dentro das informações sobre o local destinado ao aterro distinguem-se: 1 – localização; 2 – caracterização topográfica; 3 – caracterização geológica e geotécnica; 4 – caracterização da área e da circunvizinhança.

Dentro da descrição e especificações de projeto incluem-se informações relativas a: 1 – preparo do local de reservação ou disposição dos resíduos; 2 – área para armazenamento temporário de resíduos classe D; 3 – acessos e isolamento do aterro; 4 – sistema de drenagem superficial; 5 – localização dos poços de monitoramento;

No método de operação do aterro incluem-se: 1 – controle de recebimento dos RCC/RCD e resíduos inertes; 2 – monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e superficiais; 3 – controle operacional; 4 – controle da disposição de resíduos em áreas de reservação de materiais segregados; 5 – controle da disposição definitiva de resíduos.

Já o memorial técnico inclui: 1 – cálculo dos elementos de projeto; 2 – capacidade de reservação ou vida útil do aterro.

A parte relativa ao cronograma deve incluir uma estimativa dos custos de implantação do aterro (terreno, equipamentos utilizados, mão de obra empregada, materiais utilizados, instalações e serviços de apoio), e o cronograma físico-financeiro para a implantação e operação do aterro.

Quase a terminar, a norma estabelece as **condições de operação do aterro**, nomeadamente: 1- recebimento dos resíduos no aterro; 2 – triagem dos resíduos recebidos; 3 – disposição segregada dos resíduos; 4 – equipamentos de segurança; 5 – inspeção e manutenção; procedimentos para registro da operação.



Refere a norma que o registro deve ser mantido em caso de alteração de titularidade da área ou empreendimento e para eventual apresentação de relatórios.

Por último e em anexo reapresenta de novo as partes que deve constituir a ficha CTR (controle de transporte de resíduos).

### 3.1.2.3 NBR 15114:2004

Detalhando também um pouco o conteúdo sintetizado por Brum na figura 5 e a respeito da NBR 15114:2004 (Resíduos sólidos da construção civil – **Áreas de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**), pode-se afirmar que:

A norma começa por referir qual o seu próprio objetivo.

Em seguida faz um conjunto de referências normativas (Resolução Conama nº 307/2002 ; NBR 15112:2004 ; NBR 15113: 2004)

Depois e à semelhança das normas anteriores volta a estabelecer uma série de definições e conceitos, como seja: repete a definição do que são resíduos de construção civil, estabelece a definição do que são agregados reciclados, a definição do que é uma área de reciclagem de resíduos da construção civil, repete a definição do que é uma área de transbordo e triagem de RCC e resíduos volumosos, bem como todo um outro conjunto de conceitos que já haviam sido abordados nas normas anteriores (aterro de RCC/RCD e de resíduos inertes, reutilização, reciclagem, reservação de resíduos, geradores de resíduos, transportadores, e CTR – ficha de controle de transporte de resíduos).

Volta a lembrar as quatro classes de RCC/RCD existentes.

No seguimento **estabelece as condições de implantação para áreas de reciclagem para resíduos sólidos da construção civil, a nível de:** 1 – Critérios para localização; 2 – Isolamento e sinalização; 3 – Acessos; 4 – Iluminação e energia; 5 – Proteção das águas superficiais; 6 – Preparo da área de operação.

Em seguida **estabelece quais as condições gerais de projeto para as áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil, a nível de:** 1 – Memorial descritivo; 2 – Projeto básico; 3 – Responsabilidade e autoria do projeto.

A seguir **estabelece as condições de operação de uma área de reciclagem para resíduos sólidos da construção civil, a nível de:** 1 – Recebimento, triagem e processamento de resíduos; 2 – Controle de poluição ambiental no processamento de resíduos; 3 – Treinamento aos funcionários e equipamentos de segurança; 4 – Inspeção e manutenção das instalações.

E antes de voltar a apresentar em anexo o conteúdo mínimo exigível para uma ficha CTR, **estabelece uma série de Procedimentos para Controle e Registro da Operação, através de um Plano de Operação que contemple:** 1 – Controle de entrada dos resíduos recebidos; 2 – Discriminação dos procedimentos de triagem, reciclagem e armazenamento e outras operações realizadas na área; 3 – Descrição e destinação dos resíduos a serem rejeitados; 4 – Descrição e destinação dos resíduos a serem reutilizados; 5 – Descrição e destinação dos resíduos a serem reciclados; 6 – Controle da qualidade dos produtos gerados.

Refere ainda a norma que os operadores devem providenciar o arquivamento dos CTR referentes às cargas recebidas, mantendo registros para eventual apresentação de relatório.

### **3.1.3 NORMAS NACIONAIS CORRELACIONADAS AOS RCC/RCD**

Segundo Brum, F.M. (2013), além das normas imediatamente anteriores, (NBR 15112:2004 até a NBR 15116:2004), existem no país normas não relacionadas diretamente a questões de RCC, mas que podem colaborar para a sua gestão. E cita os casos das NBR 10004:2004 (Resíduos Sólidos – Classificação) e NBR 10007:2004 (Amostragem de resíduos Sólidos), já que os resíduos da construção também são resíduos sólidos gerados no meio urbano.

A NBR 10004:2004, à semelhança da resolução CONAMA 307/2002, também propõe uma classificação agora para os resíduos sólidos, e não apenas para os da construção civil. Assim, a NBR 10004:2004 divide os resíduos sólidos em duas classes. A primeira denominada Classe I, que contempla os resíduos perigosos, e a segunda denominada Classe II, que contempla os resíduos não perigosos e que ainda é subdividida em duas sub-classes: Inertes, e Não Inertes, dependendo das características de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

## **3.2 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO**

### **3.2.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A análise custo-benefício demanda a enumeração de todos os custos e benefícios relevantes no projeto em análise. Nesse tipo de análise, as consequências benéficas e prejudiciais de uma ação são descritas em unidades monetárias.

Segundo Baasch, S.S.N. (1995), o objetivo da análise custo-benefício (ACB) é o de maximizar o valor presente de todos os benefícios, em relação a todos os custos, sujeito a restrições específicas.

Em relação à análise custo-benefício, devem-se colocar as seguintes questões:

- Quais custos e quais benefícios devem ser incluídos na análise?
- Como avaliá-los?
- A que taxa de juro devem ser descontados ?
- Quais as principais restrições ?

A **1ª etapa numa análise custo-benefício**, é gerar um conjunto de ações possíveis, consideradas as restrições ou limites, mais ou menos rígidos, aos quais esse conjunto de ações está subordinado.

Segundo Walliser, B. (1990), o decisor acaba escolhendo uma ação de referência, que pode corresponder também a não efetuar ação nenhuma, deixando tudo continuar a processar-se como até esse instante.

Antes de se desenvolver mais o tema convém talvez estabelecer alguns conceitos como sejam os seguintes:

- ✓ **Ações tecnicamente incompatíveis** – São aquelas ações que não podem ser realizadas simultaneamente.
- ✓ **Ações tecnicamente compatíveis** – Por oposição às anteriores são aquelas que podem ser realizadas simultaneamente.
- ✓ **Ações compatíveis independentes** – a realização de uma não tem influência sobre os efeitos da outra.
- ✓ **Ações compatíveis dependentes** – a realização de uma tem influência sobre os efeitos da outra.
- ✓ **Duas ações dizem-se Dependentes Concorrentes** – quando os seus efeitos consideradas essas ações atuando simultaneamente forem inferiores à conjunção dos efeitos de cada uma delas atuando isoladamente.
- ✓ **Duas ações dizem-se Dependentes Complementares** – quando os seus efeitos consideradas essas ações atuando simultaneamente forem superiores à conjunção dos efeitos de cada uma delas atuando isoladamente.

**Quanto ao impacto as ações classificam-se em:** 1 – **Ações Materiais:** são as que modificam **fisicamente** o sistema; 2 – **Ações Institucionais** – são as que “**transformam as**

**regras do jogo**"; 3 – Ações informacionais – são as que buscam influenciar os atores envolvidos no processo de tomada de decisão.

A **segunda etapa numa análise custo-benefício** é a de, para cada ação possível, prever seus diversos efeitos, expressos sempre que possível sob a forma física. Para **efeitos diretos proporcionais**, uma simples regra de 3 é suficiente para os avaliar; já para **efeitos indiretos e não proporcionais** é necessário usar modelos econométricos.

Além das ações que possam acontecer, os efeitos dessas ações dependem também do meio ambiente em que se podem produzir variáveis não controladas por um decisor específico. Exemplos: condições meteorológicas futuras, evoluções demográficas antecipadas, condições macro-econômicas previsíveis.

Os efeitos das ações também dependem de outras ações susceptíveis de serem colocadas em prática por outros decisores, para apoiar ou contrapor a ação prevista pelo decisor principal.

A **terceira etapa numa análise custo-benefício** é a de valorizar os efeitos previsíveis em função dos critérios de valor do decisor, e agregar esses efeitos valorizados para definir um balanço sintético.

A **valorização dos efeitos das ações pode ser: 1 – Ordinal**: quando se limita a afirmar que os efeitos de uma ação são preferíveis aos de outra, em relação a um determinado critério; **2 – Cardinal** – quando se pode associar aos efeitos um indicador quantitativo que reflète a intensidade das preferências do decisor, sobre o critério considerado; **3 – Monetária**: quando os efeitos adotam uma forma monetarizada, quando são diretamente regidos em moeda (custo financeiro) ou quando admitem um equivalente monetário.

Uma **análise custo-benefício (ACB) consiste** em valorizar todos os efeitos sob a forma monetária, na qual os custos seriam os efeitos monetarizados negativamente e os benefícios serão monetarizados positivamente, e sua agregação (de um tipo com o outro) resulta numa simples adição algébrica.

### **3.2.2 – PRINCIPAIS INDICADORES DA ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO (ACB)**

De acordo com Baasch, S.S.N. (1995), a **análise custo-benefício** pode ser **dividida em dois grandes grupos de métodos**, que são: **1 – Análise custo-benefício por métodos determinísticos**; **2 – Análise custo-benefício por métodos não determinísticos (ou probabilísticos)**

Dentre os métodos determinísticos os mais usuais são:

- 1 – TIR (taxa interna de retorno);
- 2 – VPL (valor presente líquido);
- 3 – VAE (valor anual equivalente);
- 4 – PAYBACK (tempo de recuperação do capital investido).

Dentre os métodos não determinísticos – englobam-se todos os que agregam o tratamento do risco e da incerteza através de métodos estatísticos e probabilísticos.

Cassaroto Filho, N. e Kopittke, B. (1987) apresentam os métodos básicos da análise de investimentos.

### **3.2.2.1 – MÉTODO DO VALOR ANUAL UNIFORME (VAUE), OU MÉTODO DO VALOR ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE, OU SIMPLEMENTE MÉTODO DO VALOR ANUAL EQUIVALENTE (VAE)**

O VAUE consiste em achar a série uniforme anual (A) equivalente ao fluxo de caixa dos investimentos, à taxa de mínima atratividade (TMA). Em outras palavras, acha-se a série uniforme equivalente a todos os custos e receitas para cada projeto, usando a TMA (taxa mínima de atratividade). O melhor projeto é aquele que tiver o maior saldo.

A **taxa mínima de atratividade (TMA) refere-se** à taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco. Para as pessoas físicas é comum a TMA ser igual à rentabilidade da caderneta de poupança. Para as empresas, depende de vários fatores, tais como: taxa de juros dos bancos comerciais; taxas de juro dos bancos de investimento; valorização dos títulos públicos; rentabilidade da empresa, e outros. Para as empresas financeiras pode-se considerar a TMA como sendo a taxa de juro a partir da qual passam a ter lucro financeiro.

O método do valor anual uniforme, ou valor anual uniforme equivalente ou simplesmente valor anual equivalente é adequado em análises que envolvam atividades operacionais da empresa, com investimentos que possam se repetir.

Nota do pesquisador: o método do valor anual uniforme equivalente surge muitas vezes correlacionado/associado com o do valor presente líquido, ou seja, muitas vezes pretende-se calcular a valor anual equivalente que corresponde a um determinado valor presente líquido.

**Exemplo:** Suponhamos dois projetos de construção, o Projeto A e o Projeto B, para os quais se determinaram os respectivos **VPL (valor presente líquido)**, que no caso

representam os investimentos a realizar em cada um deles no ano zero, mas que poderiam representar saldos entre custos e receitas nesse mesmo instante de tempo, sendo o **VPL do projeto A** de **-\$R 101.285,68** (ou seja, um custo – valor negativo – ou investimento desse montante no instante zero), e o **VPL do projeto B** de **-\$R207.996,12** (custo/investimento desse montante no ano zero). Pretende-se **calcular o VAUE (ou VAE) para cada um desses projetos**. O custo de capital (que equivale neste caso à TMA- taxa mínima de atratividade) é de 15% ao ano, capitalizáveis anualmente.

**Resolução:** Para resolver este problema não se tem mais do que usar a expressão que relaciona o VPL com o VAUE/VAE e que é:

**VAUE (ou VAE) = VPL x ( i / (1 – (1+i)<sup>-n</sup>) )**, em que **i é o custo de capital (que faz as vezes da TMA)**, e **n é o número de períodos anuais da vida útil de cada projeto**. Suponha-se que o projeto A tem uma duração de 12 anos e o projeto B tem uma duração de 24 anos.

Então o VAUE (ou VAE) do Projeto A vem: **VAUEprojA = -\$R 101.285,68 x ( 0,15 / ( 1 – (1,15<sup>-12</sup>) ) ) = - \$R 18.685, 26**

Já o VAUE (ou VAE) do projeto B vem: **VAUEprojB = -\$R207.996,12 x (( 0,15 / (1 – (1,15)<sup>-24</sup>) ) ) = - \$R32.328,84**

Em termos esquemáticos/ilustrativos, o que se tem é o que consta na figura 25.

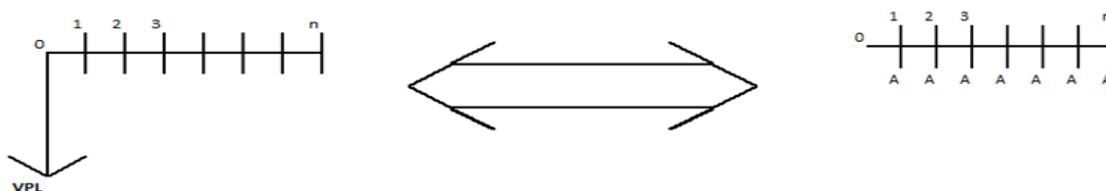


Figura 25 - Relação entre o VPL (valor presente líquido) e o VAUE (valor anual uniforme equivalente) (Fonte: o autor)

### 3.2.2.2 – MÉTODO DO VALOR PRESENTE (VP), OU DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

Neste método os demais termos do fluxo de caixa são calculados e somados ao investimento inicial de cada alternativa, todos os fluxos são projetados/descontados para o ano zero, instante inicial do projeto. A alternativa (o projeto) que apresentar o melhor valôr presente (valor presente líquido, ou valor no instante zero) é a escolhida. A taxa utilizada para descontar o fluxo é a TMA (taxa mínima de atratividade). Se os projetos tiverem vidas

diferentes e puderem ser renovados nas mesmas condições atuais, deverá ser considerado como horizonte de planejamento o mínimo múltiplo comum da duração dos projetos.

O método do valor presente (VP) ou valor presente líquido (VPL) é normalmente utilizado em investimentos isolados que envolvam o curto prazo ou que tenham baixo número de períodos, de forma que um valor anual teria pouco significado prático na tomada de decisão.

**Exemplo:** Considerem-se os seguintes projetos alternativos, para os quais se pretende determinar o seu VP (valor presente) ou VPL (valor presente líquido). Ambos os projetos se financiam a 100% do capital necessário/investido a um custo de capital de 25%/ano (corresponde à TMA, taxa mínima de atratividade dos projetos).

O projeto 1 corresponde a uma situação em que a empresa A pretende construir uma refinaria pequena de petróleo e gás. A previsão de investimento é de 300 milhões no primeiro ano, 150 milhões no segundo ano e investimentos em manutenção e reposição de 20 milhões/ano após o terceiro ano, que é quando ela começará a operar. A ideia é manter este investimento até o esgotamento das reservas do local (estimado em 250 anos, i.e., perpetuidade). Contudo, se a empresa desejar também poderá vender a refinaria após 10 anos de operação.

A geração de caixa (sem considerar investimentos para reposição) para os 10 primeiros anos está estimada da forma que consta na figura 26.

| Projeto 1 - Análise de caixa |                        |                               |                                |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) |
| 1                            | 300,00                 | 0,00                          | -300,00                        |
| 2                            | 150,00                 | 0,00                          | -150,00                        |
| 3                            | 20,00                  | 50,00                         | 30,00                          |
| 4                            | 20,00                  | 120,00                        | 100,00                         |
| 5                            | 20,00                  | 360,00                        | 340,00                         |
| 6                            | 20,00                  | 400,00                        | 380,00                         |
| 7                            | 20,00                  | 438,00                        | 418,00                         |
| 8                            | 20,00                  | 479,80                        | 459,80                         |
| 9                            | 20,00                  | 525,78                        | 505,78                         |
| 10                           | 20,00                  | 576,36                        | 556,36                         |

Figura 26 - Fluxos de caixa do Projeto 1 durante os primeiros 10 anos (Fonte: o autor)

O ponto-chave para se conseguir determinar o VP ( = VPL ) é saber o quanto essa empresa irá necessitar de capital (quanto de investimentos) para realizar esse projeto, e o quanto ela irá gerar de recursos, quanto irá gerar de caixa, para se poder determinar então a geração líquida de recursos dessa empresa/projeto (essa geração líquida de recursos/caixa será igual à geração bruta de recursos/caixa menos os investimentos necessários, em cada período considerado).

Pode-se também observar pela figura 26 que a partir do ano 6 a geração líquida de caixa da empresa tem um crescimento linear com taxa de crescimento  $(g) = 10\%$  (é só observar os valores da última coluna da tabela). Isso pode ser um dado importante se quiser-se determinar o VP (= VPL) para uma situação de perpetuidade.

O projeto 2 corresponde por outro lado a uma situação em que a empresa B pretende construir uma planta automobilística que custará 100 milhões para ficar pronta e já começará a operar no 1º ano. Contudo, esse projeto, embora seja de rápida construção, exige uma manutenção constante que custará 50 milhões/ano. A ideia é que esta empresa se atualize sempre e, portanto, não tenha previsão de encerramento de atividades (i.e., perpetuidade), contudo, se a empresa desejar também poderá vender a planta após 10 anos de operação.

A geração de caixa (sem considerar investimentos para reposição) para os primeiros 10 anos, é a que consta na figura 27.

| Projeto 2 - Análise de caixa |                        |                               |                                |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) |
| 1                            | 100,00                 | 25,00                         | -75,00                         |
| 2                            | 50,00                  | 40,00                         | -10,00                         |
| 3                            | 50,00                  | 90,00                         | 40,00                          |
| 4                            | 50,00                  | 150,00                        | 100,00                         |
| 5                            | 50,00                  | 160,00                        | 110,00                         |
| 6                            | 50,00                  | 230,00                        | 180,00                         |
| 7                            | 50,00                  | 248,00                        | 198,00                         |
| 8                            | 50,00                  | 267,80                        | 217,80                         |
| 9                            | 50,00                  | 289,58                        | 239,58                         |
| 10                           | 50,00                  | 313,14                        | 263,14                         |

Figura 27 - Fluxos de caixa do Projeto 2 durante os primeiros 10 anos (Fonte: o autor)

Pode-se observar pela figura anterior que a partir do ano 6 a geração líquida de caixa cresce linearmente a uma taxa de crescimento,  $g = 10\%$  (esse dado é importante para o cálculo do VPL em situação de perpetuidade).

Para chegar ao valor dos VP (valores presentes ou valores presentes líquidos, que é o mesmo) dos dois projetos, a primeira coisa que tem que se fazer é calcular os fluxos de caixa descontados, sendo que para fazer esse desconto se entra com a taxa de custo do capital, que é de 25%.

Por outro lado, é importante lembrar novamente que a geração líquida de caixa durante um determinado período é sempre igual à diferença entre a geração bruta de caixa/recursos e o investimento (que representa custos) durante esse período.

Para calcular os fluxos descontados (**descontados para o instante zero do projeto- data do seu início**) usar-se-à a seguinte fórmula:



**Fluxo de caixa desconta<sub>ano n</sub> = Fluxo nominal<sub>t</sub> / { (1+taxa de desconto)<sup>t</sup> }** ; nesta fórmula só não é totalmente lícito colocar/considerar o t=n porque pode-se ter duas “nuances”/variações; o fluxo pode dar-se no 1º dia de um determinado período ou no último dia desse período, e isso influencia o cálculo do fluxo descontado.

Exemplificando para a situação do projeto 1 (empresa A): se aquele fluxo de investimento de 300 milhões acontecer logo no 1º dia de janeiro do ano 1 então não é necessário descontar o fluxo correspondente à geração líquida de caixa para esse primeiro ano, pois 1º de janeiro é o instante zero do projeto, ou se assim se quiser, é como se na fórmula anterior do fluxo de caixa descontado o **t** fosse igual a zero, donde a fórmula viria: **Fluxo de caixa desconta<sub>ano 1</sub> = Fluxo nominal<sub>0</sub> / { (1+taxa de desconto)<sup>0</sup> }** ⇔ **Fluxo de caixa desconta<sub>ano 1</sub> = Fluxo nominal<sub>0</sub> = -300**; pelo contrário, se considerar-se que aquele investimento de 300 milhões foi realizado no último dia de Dezembro desse 1º ano, então agora o fluxo descontado para esse ano 1 vem:

$$\text{Fluxo de caixa desconta}_{\text{ano 1}} = \text{Fluxo nominal}_1 / \{ (1+0,25)^1 \} = -300/1,25 = -240.$$

E esse raciocínio é válido para qualquer dos períodos seguintes, tem de se saber se o fluxo se deu no início do período ou no final do período.

No caso presente admita-se que os fluxos se dão no final de cada ano/período. Assim sendo, e para o projeto 1, virá: **Fluxo de caixa desconta<sub>ano 1</sub> = Fluxo nominal<sub>ano1</sub> / { (1+0,25)<sup>1</sup> } = -300/1,25 = -240**; **Fluxo de caixa desconta<sub>ano 2</sub> = Fluxo nominal<sub>ano2</sub> / { (1+0,25)<sup>2</sup> } = -150 /1,5625 = -96**; **Fluxo de caixa desconta<sub>ano 3</sub> = Fluxo nominal<sub>ano3</sub> / { (1+0,25)<sup>3</sup> } = 30 /1,953125 = 15,36**.

E o raciocínio seria o mesmo para os anos subsequentes, ou seja: Fluxo de caixa desconta<sub>ano 4</sub> = Fluxo nominal<sub>ano4</sub> / { (1+0,25)<sup>4</sup> } = 100 /2,441406 = 40,96; Fluxo de caixa desconta<sub>ano 5</sub> = Fluxo nominal<sub>ano5</sub> / { (1+0,25)<sup>5</sup> } = 340 /3,051758 = 111,41; Fluxo de caixa desconta<sub>ano 6</sub> = Fluxo nominal<sub>ano6</sub> / { (1+0,25)<sup>6</sup> } = 380 /3,814697 = 99,61; Fluxo de caixa desconta<sub>ano 7</sub> = Fluxo nominal<sub>ano7</sub> / { (1+0,25)<sup>7</sup> } = 418 /4,768371 = 87,66; Fluxo de caixa desconta<sub>ano 8</sub> = Fluxo nominal<sub>ano8</sub> / { (1+0,25)<sup>8</sup> } = 459,8 /5,960464 = 77,14; Fluxo de caixa desconta<sub>ano 9</sub> = Fluxo nominal<sub>ano9</sub> / { (1+0,25)<sup>9</sup> } = 505,78/7,450581 = 67,88; Fluxo de caixa desconta<sub>ano 10</sub> = Fluxo nominal<sub>ano10</sub> / { (1+0,25)<sup>10</sup> } = 556,36/9,313226 = 59,74; donde, resultam os dados que constam na figura 28.

| Projeto 1 - Análise de caixa |                        |                               |                                |                             |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) | Fluxos descontados(milhões) |
| 1                            | 300,00                 | 0,00                          | -300,00                        | -240,00                     |
| 2                            | 150,00                 | 0,00                          | -150,00                        | -96,00                      |
| 3                            | 20,00                  | 50,00                         | 30,00                          | 15,36                       |
| 4                            | 20,00                  | 120,00                        | 100,00                         | 40,96                       |
| 5                            | 20,00                  | 360,00                        | 340,00                         | 111,41                      |
| 6                            | 20,00                  | 400,00                        | 380,00                         | 99,61                       |
| 7                            | 20,00                  | 438,00                        | 418,00                         | 87,66                       |
| 8                            | 20,00                  | 479,80                        | 459,80                         | 77,14                       |
| 9                            | 20,00                  | 525,78                        | 505,78                         | 67,88                       |
| 10                           | 20,00                  | 576,36                        | 556,36                         | 59,74                       |

Figura 28 - Fluxos de caixa descontados do Projeto 1 durante os primeiros 10 anos  
(Fonte: o autor)

Desenvolvendo cálculos semelhantes para o Projeto 2 chegar-se-ia à tabela da figura 29 já com os fluxos de caixa descontados.

| Projeto 2 - Análise de caixa |                        |                               |                                |                              |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) | Fluxos Descontados (milhões) |
| 1                            | 100,00                 | 25,00                         | -75,00                         | -60,00                       |
| 2                            | 50,00                  | 40,00                         | -10,00                         | -6,40                        |
| 3                            | 50,00                  | 90,00                         | 40,00                          | 20,48                        |
| 4                            | 50,00                  | 150,00                        | 100,00                         | 40,96                        |
| 5                            | 50,00                  | 160,00                        | 110,00                         | 36,04                        |
| 6                            | 50,00                  | 230,00                        | 180,00                         | 47,19                        |
| 7                            | 50,00                  | 248,00                        | 198,00                         | 41,52                        |
| 8                            | 50,00                  | 267,80                        | 217,80                         | 36,54                        |
| 9                            | 50,00                  | 289,58                        | 239,58                         | 32,16                        |
| 10                           | 50,00                  | 313,14                        | 263,14                         | 28,25                        |

Figura 29 - Fluxos de caixa descontados do Projeto 2 durante os primeiros 10 anos (Fonte: o autor)

Chegados aos fluxos de caixa líquidos descontados (descontados para o instante zero do projeto) para ambos os projetos, o cálculo do VPL (=VP) de cada um deles não é mais do que o somatório dos fluxos de caixa do projeto ao longo do seu horizonte/período de vida útil.

Assim, **para calcular o VPL (=VP) aplica-se a fórmula:**  $VPL (=VP) = \sum_{t=1}^n \{ \text{Fluxo Nominal } t / (1+\text{taxa de desconto})^t \}$

No caso dos projetos em questão chegar-se-ia aos seguintes resultados:

VPL (=VP)projeto 1 a 10anos = 223,77 milhões ; VPL (=VP)projeto 2 a 10anos = 216,75 milhões ; ou seja, como o VPL do projeto 1 para um horizonte de 10 anos é superior ao VPL do projeto 2 para esse mesmo prazo, então para um prazo de 10 anos seria preferível realizar o projeto 1.

**Nota:** Faça-se aqui uma observação para referir que a taxa de desconto (que faz as vezes de taxa mínima de atratividade) é uma taxa que já leva em linha de conta o risco pois

para a determinação do seu valor entram os seguintes fatores : custo de oportunidade + inflação + risco do projeto.

**Pode-se no entanto querer fazer um outro tipo de análise, que é a de determinar o VPL (=VP) em/para situação de perpetuidade.** É como se admitisse-se que os projetos tenham um horizonte de vida útil quase eterno. Seria por exemplo o caso de se ter a refinaria de petróleo e gás ou a planta automobilística operando durante 225 anos cada uma delas, por hipótese. **Nessa situação tem que se dividir o período de operação do projeto em dois sub-períodos: o período de pré-maturação e o período de pós-maturação.**

O **período de pré-maturação** é aquele período inicial do projeto em que os seus fluxos de caixa líquidos (receitas brutas menos investimentos) crescem a um ritmo variável. **O período de maturação inicia-se quando** os fluxos de caixa líquidos passam a crescer linearmente, segundo uma razão constante, segundo uma reta, portanto.

No exemplo presente (Projeto 1 e Projeto 2) tanto o projeto 1 quanto o projeto 2 iniciam a sua maturação a partir do ano 6, sendo que a partir desse instante os fluxos de caixa líquidos tanto do projeto 1 quanto do projeto 2 crescem a uma taxa/razão de 10%.

Então, **o VPL dos projetos em/para situação de perpetuidade resultam da soma dos seus VPL pré-maturação com os seus VPL pós-maturação.**

**O VPL pré-maturação determina-se** como até aqui, ou seja, o VPL pré-maturação é igual à soma de todos os fluxos de caixa líquidos descontados desde o início do projeto até que o período de pré-maturação termina.

**O VPL pós-maturação** é a soma de uma razão geométrica, em que a razão é a taxa de crescimento do projeto (dos seus fluxos de caixa líquidos) a partir do 1º ano de maturação. Ou seja:

**VPL pós-maturação = Fluxo nominal 1º ano maturação / (taxa de desconto – taxa de crescimento pós-maturação)**

No caso presente, em que quer o projeto 1 quanto o projeto 2 começam a sua maturação a partir do ano 6, vem:

**VPL<sub>perpet proj 1</sub> = (VPL pré-maturação) + (VPL pós-maturação) = ( Σ Fluxos cxa líq. descont<sub>ano1-ano5</sub> ) + Fluxo nominal<sub>ano6</sub> / ( taxa de desconto – taxa crescim. pós-maturaç. Projeto1)**

$VPL_{\text{perpet proj 2}} = (\text{VPL pré-maturação}) + (\text{VPL pós-maturação}) = (\sum \text{Fluxos cxa líq. descont}_{\text{ano1-ano5}}) + \text{Fluxo nominal}_{\text{ano6}} / (\text{taxa de desconto} - \text{taxa crescim. pós-maturaç. Projeto2})$

Ou seja:

$VPL_{\text{perpet proj 1}} = (-240,00 - 96,00 + 15,36 + 40,96 + 111,41) + 380 / (0,25 - 0,10) = 2.365,06 \text{ milhões} = 2,36506 \text{ Bilhões}$

$VPL_{\text{perpet proj 2}} = (-60,00 - 6,40 + 20,48 + 40,96 + 36,04) + 180 / (0,25 - 0,10) = 849, 26 \text{ milhões}$

**Conclusão: Analisando para uma situação de perpetuidade o projeto 1 é  muito mais vantajoso que o projeto 2 !**

### 3.2.2.3 – MÉTODO DA TIR (TAXA INTERNA DE RETORNO DO PROJETO)

O método da TIR consiste em calcular a taxa que zera o valor presente (valor presente líquido) dos fluxos de caixa das alternativas. Os investimentos nos quais a TIR é maior que a TMA (taxa mínima de atratividade) são considerados rentáveis e passíveis de análise.

O método da TIR é, normalmente, utilizado em projetos de implantação ou expansão industrial como comparação com os índices normais do setor a que o projeto se referir.

Deve-se no entanto referir que este método não é um método de fácil aplicação, sobretudo manualmente, para um número de fluxos de caixa futuros superior a quatro fluxos de caixa. Nessas condições, apenas se torna possível o cálculo com recurso ao uso de calculadoras científicas, que já têm introduzidas dentro delas determinadas funções próprias para esse efeito, e acabam calculando a TIR a partir da introdução de determinados parâmetros. Ou, alternativamente e sob essas mesmas condições, o cálculo da TIR acaba sendo feito através do excel, e não de forma manual.

Mas, continuando, o que a TIR pretende determinar é: qual é a taxa de desconto a que os fluxos de caixa líquidos futuros precisam ser descontados para o instante zero do projeto, de forma a que o VPL (=VP) do projeto seja igual a zero.

Ora, o valor presente líquido resulta de colocar no instante zero do projeto uma série de fluxos líquidos de caixa futuros no tempo (suponha-se anualmente, para maior facilidade de raciocínio), descontando-os a uma determinada taxa (taxa de desconto, que usualmente aparece designada por  $i$ , ou  $j$  (e que faz as vezes/equivale à taxa mínima de atratividade)).

Assim sendo, e pela própria definição da TIR (taxa de desconto a que os fluxos de caixa líquidos futuros necessitam ser descontados para o instante zero para que o VPL seja zero), resulta matematicamente a expressão

$$\text{VPL} = F_0 + F_1 / (1 + i) + F_2 / \{(1 + i)^2\} + F_3 / \{(1 + i)^3\} + \dots + F_n / \{(1 + i)^n\}$$

**(Equação 1)**

Tem-se então que resolver a equação 1 em termos de TIR.

Tome-se então a seguinte igualdade:  $x = 1 / (1 + \text{TIR}) \Leftrightarrow \text{TIR} = (1/x) - 1$

**Fazendo então a substituição na equação 1, vem:**

$$0 = F_0 + F_1 * x + F_2 * x^2 + \dots + F_n * x^n \text{ (polinômio de grau n)}$$

O problema torna-se assim num problema de achar as raízes de um polinômio de grau n, e depois, com o conhecimento de x, pode-se determinar a TIR (ou a(s) TIR, caso existam várias raízes da equação).

Considere-se inicialmente a situação em que  $n = 2$  (ou seja, só se tem dois períodos de tempo, e dois fluxos de caixa líquidos futuros, que são F1 e F2).

$$2 \text{ períodos } (n=2) \Rightarrow | 0 = F_0 + F_1 * x + F_2 * x^2$$

$$| \text{TIR} = (1/x) - 1$$

Aplicando a fórmula de Báskara vem que as raízes são as que constam a seguir:

$$| -F_1 \text{ (+ ou -) } \{F_1^2 - (4 * F_2 * F_0)\}^{1/2} / (2 * F_2), \text{ sendo que } \Delta = F_1^2 - (4 * F_2 * F_0)$$

| (a) Se  $\Delta > 0 \Rightarrow$  tem-se duas raízes reais

| (b) Se  $\Delta = 0 \Rightarrow$  tem-se 1 raiz real única

| (c) Se  $\Delta < 0 \Rightarrow$  tem-se duas raízes complexas **(o que em termos econômicos/financeiros não faz sentido)**

Suponha – se o seguinte exemplo:  $F_0 = -3$  ;  $F_1 = 2$  ;  $F_2 = 2$  ; nessa situação e aplicando a fórmula de Báskara tem-se que:  $x = [ (-2 (+/-) \{ (4 + 4*6) \}^{1/2} ) / 4 ] \Rightarrow x = [-2 (+/-) (28^{1/2})] / 4$

Donde resulta que  $x_1 = 0,82276$  e  $x_2 = -1,82288$  ; Como  $\text{TIR} = (1/x) - 1$  vem que  $\text{TIR}_1 = 0,215$  (21,5%) e que  $\text{TIR}_2 = -1,549$  (o que não faz sentido). Ou seja, neste caso, **para uma situação de dois fluxos futuros apenas**, foi possível determinar o valor da TIR que resultou igual a 21,5%.

O problema é que até existem expressões que dão as raízes para polinômios de 3º e 4º grau, mas a partir daí, qualquer resolução de polinômios de grau 5 ou maior que 5

envolvem a aplicação de métodos numéricos como o método de Newton-Raphson, os quais inclusive tendem para encontrar uma única solução/raiz, quando podem existir mais que uma. **Esta é portanto uma limitação considerável do método da TIR.**

Uma outra limitação da TIR é que ela não apenas apresenta dificuldades de cálculo como apresenta também dificuldades de interpretação, quando é o caso em que existe mais do que uma raiz real para a equação genérica:

$$0 = F_0 + F_1 / (1 + TIR) + F_2 / \{(1 + TIR)^2\} + F_3 / \{(1 + TIR)^3\} + \dots + F_n / \{(1 + TIR)^n\}$$

Existem até situações de alguma inconsistência quando se usa a TIR para comparação de projetos de investimentos alternativos. Senão, veja-se a seguinte situação: suponha-se o gráfico da figura 30 que compara dois investimentos alternativos, o investimento 1 e o investimento 2, para uma taxa de desconto j.

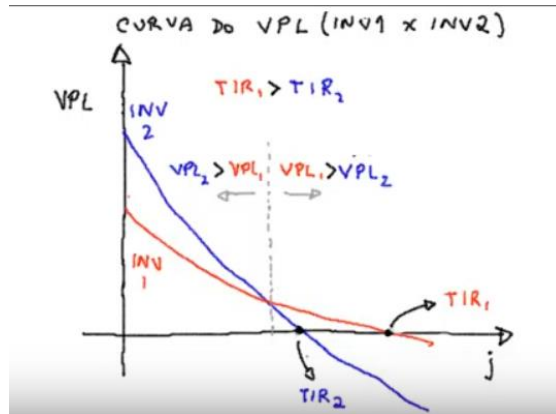


Figura 30 - Determinação da TIR para os investimentos 1 e 2 (Fonte: o autor)

A linha em azul representa o VPL (=VP) do investimento 2 para uma taxa de desconto j, e a linha a vermelho representa o valor/andamento do VPL (=VP) do investimento 1 para a mesma taxa de desconto. Os pontos em que essas linhas cruzam o eixo dos xx (eixo da taxa de desconto j) representam as taxas internas de retorno (TIR) dos dois investimentos (TIR1 e TIR2). São os pontos em que os respectivos valores líquidos presentes se igualam a zero.

Uma análise mais superficial poderia sugerir que, pelo fato da taxa interna de retorno do projeto 1 (TIR1) ser maior que a TIR2, que esse projeto 1 seria melhor que o projeto 2. Mas isso não acontece sempre dessa forma. Neste caso, só acontece para pontos à direita daquela linha a tracejada vertical que passa pela interseção das duas linhas referentes aos projetos. Nessa situação (pontos à direita), aí sim o VPL do projeto 1 é sempre maior que o VPL do projeto 2. Mas para valores de j (taxa de desconto) inferiores ao valor de j que corresponde a essa linha vertical a tracejada, a situação inverte-se, ou seja, para valores de

$j$  (taxa de desconto) inferiores aos do  $j$  em que as linhas dos VPL dos dois projetos/investimentos se cruzam, é o projeto 2 que é mais atrativo, pois apresenta valores de VPL sempre superiores aos do projeto 1.

Em resumo: para valores de  $j$  acima do  $j$  de cruzamento das linhas dos VPL dos dois projetos, o projeto 1 é mais vantajoso que o projeto 2; para valores de  $j$  abaixo do  $j$  de cruzamento das linhas dos VPL dos dois projetos, o projeto 2 passará a ser mais vantajoso que o projeto 1 (apresentará sempre valores de VPL maiores que os do projeto 1).

Pode-se também dizer que a TIR, taxa interna de retorno, é a taxa que iguala o retorno do investimento ao custo do investimento inicial do capital.

### 3.2.2.4 – MÉTODO DO TEMPO DE RECUPERAÇÃO DO CAPITAL INVESTIDO (Pay Back Time)

O “Pay Back Time” é um método que mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas anuais seja igual ao investimento inicial. É um método considerado inexato, pois não se ajusta ao conceito de equivalência da matemática financeira, como era o caso dos três métodos anteriores. Não leva em consideração a vida do investimento e pode ser dificultada a sua aplicação quando o investimento inicial se der por mais de um ano ou quando os projetos comparados tiverem investimentos iniciais diferentes.

Depois ainda haverá que distinguir entre o “Pay Back Simples” e o “Pay Back Descontado”, o que se fará adiante.

O “Pay Back” é portanto o tempo necessário para que o projeto se pague a si mesmo. Para melhor ilustrar o conceito de “Pay Back” considere-se o seguinte exemplo: considere-se uma pessoa que ao longo dos meses teve a série de gastos e de ganhos que constam na figura 31

| mês              | 1    | 2    | 3    | 4   | 5   | 6   | 7   |
|------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Gastou           | 100  | 100  | 50   | 10  | 10  | 10  | 10  |
| Ganhou           | 0    | 50   | 70   | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Saldo do Período | -100 | -50  | 20   | 90  | 90  | 90  | 90  |
| Saldo Total      | -100 | -150 | -130 | -40 | 50  | 140 | 230 |

Figura 31 - Evolução dos gastos e ganhos mensais de uma pessoa, e respectivos saldos do período e acumulados (Fonte: o autor)

Se pretender-se considerar os saldos de fluxo de caixa dessa pessoa em cada um daqueles períodos e também os saldos acumulados da mesma ao longo do tempo, ter-se-à os valores que também constam da figura 11, acima.

Observa-se o seguinte: no mês 1 a pessoa não ganhou nada, portanto o seu saldo no período é um saldo negativo igual aquilo que ela gastou nesse mês, no caso -100; no segundo mês, embora já tenha ganho 50, ela continuou gastando mais (100) do que ganhou, pelo que voltou a registrar um saldo negativo no período (= - 50), e portanto o seu saldo acumulado até aí, negativo, agravou-se da importância correspondente a esse montante, passando a ser -150; no terceiro mês a situação começa a inverter-se, passando a pessoa a ganhar mais nesse período do que aquilo que gasta no mês, obtendo um saldo positivo de +20 no período, pelo que o seu saldo negativo acumulado até aí melhorou dessa importância, passando de -150 no período anterior para -130 nesse período; no mês 4 essa inversão da tendência reforçou-se e a pessoa ganhou 90 a mais do que gastou, ou seja, o seu saldo nesse período foi de +90, que é quanto o seu saldo negativo acumulado melhorou, passando de -130 para -40; como essa pessoa continuou a ganhar agora mais do que gastou (ganhou 100 e só gastou 10, registrando um saldo positivo no período de +90), no 5º período registra-se um fato importante, que é o fato do saldo acumulado passar de negativo (-40) para positivo (+50), uma reversão de saldo acumulado, portanto. Ou seja, pode-se dizer que a pessoa em causa permaneceu com o seu saldo acumulado negativo durante 4 meses e alguns dias. Graficamente, a situação é aquela que consta na figura 32 a seguir.

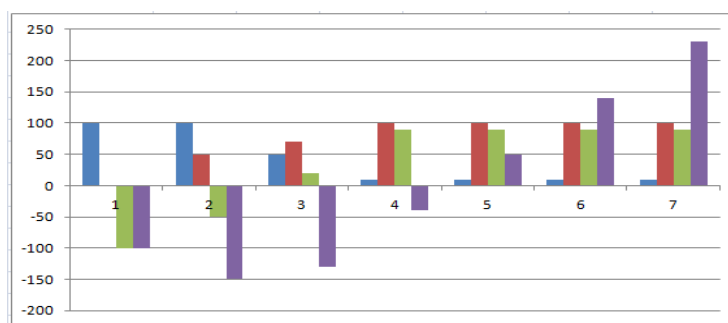


Figura 32 - Evolução gráfica dos gastos, ganhos, saldos mensais e saldos mensais acumulados de uma pessoa, durante um período de 7 meses (Fonte: o autor)

Retomando-se o exemplo apresentado a propósito do método do valor presente (VP = VPL) no presente texto, em que o primeiro projeto se tratava de uma empresa A pretendendo construir uma pequena refinaria de petróleo e gás e o segundo projeto se tratava de uma empresa B pretendendo construir uma planta automobilística, pode-se fazer o mesmo raciocínio.



No caso de um “Pay Back Simples” usar-se-à os valores da geração líquida nominal de caixa, e para o cálculo de um “Pay Back Descontado” usar-se-à os valores dos fluxos descontados para o instante zero dos projetos.

Fazendo isso então para os exemplos anteriores referidos a propósito do valor presente, VP (=VPL), e no que diz respeito ao “Pay-back Simples” ter-se-à o que consta nas figuras 33 e 34, a seguir.

| Projeto 1 - Análise de caixa |                        |                               |                                |                             |                  |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) | Fluxos descontados(milhões) | Pay-back simples |
| 1                            | 300,00                 | 0,00                          | -300,00                        | -240,00                     | -300,00          |
| 2                            | 150,00                 | 0,00                          | -150,00                        | -96,00                      | -450,00          |
| 3                            | 20,00                  | 50,00                         | 30,00                          | 15,36                       | -420,00          |
| 4                            | 20,00                  | 120,00                        | 100,00                         | 40,96                       | -320,00          |
| 5                            | 20,00                  | 360,00                        | 340,00                         | 111,41                      | 20,00            |
| 6                            | 20,00                  | 400,00                        | 380,00                         | 99,61                       | 400,00           |
| 7                            | 20,00                  | 438,00                        | 418,00                         | 87,66                       | 818,00           |
| 8                            | 20,00                  | 479,80                        | 459,80                         | 77,14                       | 1277,80          |
| 9                            | 20,00                  | 525,78                        | 505,78                         | 67,88                       | 1783,58          |
| 10                           | 20,00                  | 576,36                        | 556,36                         | 59,74                       | 2339,94          |

Figura 33 - Pay-back simples para o Projeto 1 - consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP- (Fonte: o autor)

| Projeto 2 - Análise de caixa |                        |                               |                                |                              |                  |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) | Fluxos Descontados (milhões) | Pay-back simples |
| 1                            | 100,00                 | 25,00                         | -75,00                         | -60,00                       | -75,00           |
| 2                            | 50,00                  | 40,00                         | -10,00                         | -6,40                        | -85,00           |
| 3                            | 50,00                  | 90,00                         | 40,00                          | 20,48                        | -45,00           |
| 4                            | 50,00                  | 150,00                        | 100,00                         | 40,96                        | 55,00            |
| 5                            | 50,00                  | 160,00                        | 110,00                         | 36,04                        | 165,00           |
| 6                            | 50,00                  | 230,00                        | 180,00                         | 47,19                        | 345,00           |
| 7                            | 50,00                  | 248,00                        | 198,00                         | 41,52                        | 543,00           |
| 8                            | 50,00                  | 267,80                        | 217,80                         | 36,54                        | 760,80           |
| 9                            | 50,00                  | 289,58                        | 239,58                         | 32,16                        | 1000,38          |
| 10                           | 50,00                  | 313,14                        | 263,14                         | 28,25                        | 1263,52          |

Figura 34 - Pay-back simples para o Projeto 2 - consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP- (Fonte: o autor)

Observe-se pela figura 33 relativa ao “Pay Back Simples” para o Projeto 1 que os saldos, que vinham sendo negativos, reverteram para positivos entre o ano 4 e o ano 5. Ou seja, o Projeto 1 levou 4 anos e alguns meses para se pagar a si próprio, em termos de “Pay Back Simples”.

Já a figura 34, relativa ao “Pay Back Simples” para o Projeto 2, mostra-nos que esse projeto levou 3 anos e alguns meses para se pagar a si próprio, em termos de “Pay Back Simples”, já que os saldos para o mesmo, que vinham sendo negativos, reverteram entre o ano 3 e o ano 4.

No entanto, uma forma mais assertiva de calcular o “Pay-Back” de um projeto é através do chamado “Pay Back Descontado”. Nesse caso considera-se o tempo que o projeto precisa para que o respectivo saldo se torne positivo, mas considerando os Fluxos Líquidos de Caixa Descontados para o ano zero do projeto, e não os Fluxos de Caixa Líquidos Nominais

Assim, no instante zero do projeto 1 a empresa não deve nada, mas no final do 1º ano passa a dever o valor daqueles 300 milhões de investimento iniciais descontados para o instante zero (considera-se como se os 300 milhões tivessem sido investidos no último dia desse primeiro ano); quando chega ao final do ano 2 a empresa deve o 1º fluxo descontado para o ano zero somado ao 2º fluxo também descontado para o ano zero. Ao final do terceiro ano deverá os 1ºs dois fluxos descontados para o instante inicial do projeto mais o 3º fluxo também descontado para o instante zero. E assim sucessivamente.

Se esse raciocínio for sempre sendo seguido durante os 10 anos de horizonte de projeto quer para o projeto 1 quer para o projeto 2 chegar-se-à ao que consta nas figuras 35 e 36, a seguir.

| Projeto 1 - Análise de caixa |                        |                               |                                |                             |                  |                               |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) | Fluxos descontados(milhões) | Pay-back simples | Pay-back descontado (milhões) |
| 1                            | 300,00                 | 0,00                          | -300,00                        | -240,00                     | -300,00          | -240,00                       |
| 2                            | 150,00                 | 0,00                          | -150,00                        | -96,00                      | -450,00          | -336,00                       |
| 3                            | 20,00                  | 50,00                         | 30,00                          | 15,36                       | -420,00          | -320,64                       |
| 4                            | 20,00                  | 120,00                        | 100,00                         | 40,96                       | -320,00          | -279,68                       |
| 5                            | 20,00                  | 360,00                        | 340,00                         | 111,41                      | 20,00            | -168,27                       |
| 6                            | 20,00                  | 400,00                        | 380,00                         | 99,61                       | 400,00           | -68,65                        |
| 7                            | 20,00                  | 438,00                        | 418,00                         | 87,66                       | 818,00           | 19,01                         |
| 8                            | 20,00                  | 479,80                        | 459,80                         | 77,14                       | 1277,80          | 96,15                         |
| 9                            | 20,00                  | 525,78                        | 505,78                         | 67,88                       | 1783,58          | 164,03                        |
| 10                           | 20,00                  | 576,36                        | 556,36                         | 59,74                       | 2339,94          | 223,77                        |

Figura 35 - Pay-back descontado para o Projeto 1 - consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP- (Fonte: o autor)

| Projeto 2 - Análise de caixa |                        |                               |                                |                              |                  |                               |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|
| ANO                          | Investimento (milhões) | Geração bruta caixa (milhões) | Geração líquida caixa(milhões) | Fluxos Descontados (milhões) | Pay-back simples | Pay-back descontado (milhões) |
| 1                            | 100,00                 | 25,00                         | -75,00                         | -60,00                       | -75,00           | -60,00                        |
| 2                            | 50,00                  | 40,00                         | -10,00                         | -6,40                        | -85,00           | -66,40                        |
| 3                            | 50,00                  | 90,00                         | 40,00                          | 20,48                        | -45,00           | -45,92                        |
| 4                            | 50,00                  | 150,00                        | 100,00                         | 40,96                        | 55,00            | -4,96                         |
| 5                            | 50,00                  | 160,00                        | 110,00                         | 36,04                        | 165,00           | 31,08                         |
| 6                            | 50,00                  | 230,00                        | 180,00                         | 47,19                        | 345,00           | 78,27                         |
| 7                            | 50,00                  | 248,00                        | 198,00                         | 41,52                        | 543,00           | 119,79                        |
| 8                            | 50,00                  | 267,80                        | 217,80                         | 36,54                        | 760,80           | 156,34                        |
| 9                            | 50,00                  | 289,58                        | 239,58                         | 32,16                        | 1000,38          | 188,49                        |
| 10                           | 50,00                  | 313,14                        | 263,14                         | 28,25                        | 1263,52          | 216,75                        |

Figura 36 - Pay-back descontado para o Projeto 2 - consultar texto/exemplo a propósito do valor presente, VP- (Fonte: o autor)

Observando-se agora as figuras relativas ao “Pay Back Descontado” para os dois projetos, pode verificar-se que segundo este critério o Projeto 1 só se paga a si mesmo entre o ano 6 e o ano 7 (tempo para o qual o somatório dos fluxos descontados demora a reverter de negativo para positivo), ou seja, o seu “Pay Back Descontado” será de 6 anos e alguns meses, e para o Projeto 2 isso acontece entre o ano 4 e o ano 5, ou seja, segundo o critério do “Pay Back Descontado” o Projeto 2 leva quatro anos e alguns meses para se pagar a si próprio.

É normal que segundo o critério do “Pay Back Descontado” os projetos demorem mais a reverter os saldos de negativos para positivos, a pagarem-se a si mesmos, portanto, já que este critério entra em consideração com o **verdadeiro valor do dinheiro no tempo**, ou seja, como efeito da desvalorização do dinheiro no tempo, nem que seja por efeito da inflação. Desse modo, e à medida que os projetos vão atingindo a sua plenitude, gerando maiores receitas líquidas, quando se projeta cada uma delas para o instante inicial do projeto, elas acabam sendo projetadas com valores inferiores aos nominais.

Tomando os dados anteriores em consideração, pode-se afirmar que tanto em termos de “Pay Back Simples” quanto em termos de “Pay Back Descontado” o Projeto 2 é melhor que o Projeto 1, pois tanto para uma situação quanto para a outra ele paga-se a si mesmo mais rápido que o Projeto 1 (3 anos e alguns meses para o Projeto 2 contra 4 anos e alguns meses para o Projeto 1 para o “Pay Back Simples”, ou, 4 anos e alguns meses para o Projeto 2 contra 6 anos e alguns meses para o Projeto 1 em termos de “Pay Back Descontado”).

Resumindo: Enquanto que em termos de VPL (tanto a 10 anos como para uma situação de perpetuidade) o Projeto 1 é mais interessante que o Projeto 2, em termos de “Pay Back”, tanto simples como descontado, a situação é exatamente a contrária, o Projeto 2 é mais interessante que o Projeto 1.

### **3.2.3 – AS LIMITAÇÕES DE UMA ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO**

A análise custo-benefício tem bastantes limitações no auxílio à tomada de decisão na resolução de problemas para o gestor, mais especificamente ainda se o foco fore a gestão dos RCC, ainda que seja em canteiro de obra (perspetiva do gestor privado)

A análise de custo benefício faz parte de um estudo um pouco mais amplo que são as chamadas análises de viabilidade de projetos, as quais podem ser de cariz meramente financeiro ou englobar a parte econômica também.

De acordo com Buarque, C. e Ochoa, H.F. (1991), investidores e empreendedores privados normalmente condicionam a viabilidade de um projeto ao retorno financeiro que ele pode gerar sobre o capital investido. Nesse caso, a viabilidade é verificada através da comparação entre as receitas obtidas e os gastos realizados durante o período de vida útil do projeto, ou seja, através de uma viabilidade financeira.

**Por outro lado, se o avaliador se situa no contexto da coletividade (como no caso de projetos públicos), o julgamento do avaliador passa a depender também de uma análise de viabilidade econômica, que considera os efeitos do projeto sobre a economia nacional (seu potencial para poder gerar ocupação, poupança de divisas, emprego de recursos nacionais, etc).**

Já para Costa, P.H.S. e Attie, E.V. (1990), a análise de viabilidade é um estudo que permite identificar se uma proposta de aplicação de capital deve ou não ser aceita.

Dito de outra forma, e para a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial, UNIDO (1987), é um estudo que objetiva fornecer uma base técnica, econômica e comercial para uma decisão de investimento.

Assim, e para essa mesma Organização (UNIDO), a análise de viabilidade considera os seguintes aspectos de um projeto:

- ✓ Capacidade de mercado e da fábrica;
- ✓ Suprimento de materiais e insumos;
- ✓ Localização do empreendimento;
- ✓ Engenharia do projeto;
- ✓ Organização da fábrica e custos gerais;
- ✓ Recursos humanos;
- ✓ Programação de implantação do projeto;
- ✓ Avaliação econômica e financeira.

Se pretender-se adaptar o conceito e os aspectos imediatamente acima num contexto de canteiro de obra e de gerenciamento de resíduos dentro do mesmo, bastaria considerar que a fábrica seria o canteiro, o empreendimento seria a obra, o projeto seria o gerenciamento dos resíduos gerados pela obra, numa perspectiva interna ao canteiro.

Portanto, a avaliação econômica e financeira, da qual a análise de custo-benefício faz parte, visa determinar se um projeto cuja consistência já foi comprovada nas fases iniciais do estudo de viabilidade, é capaz de proporcionar os melhores resultados quando

comparado com opções alternativas de investimento. Esse julgamento, entretanto, depende também da perspectiva do avaliador.

Como já foi referido anteriormente, para investidores e empreendedores privados, a viabilidade de um projeto é função de sua capacidade de gerar retorno financeiro sobre o capital investido, isto é, de produzir lucro. Nesse caso, o resultado do projeto é determinado através da comparação entre o lucro e o capital investido. Para medir os custos e benefícios é necessário adotar uma unidade de conta, a qual, nas decisões privadas, é o padrão moeda, mesmo.

Contador, C.R. (1984), também refere a diferença para um gestor público, quando este está realizando suas análises de custo-benefício, ou de viabilidade. Assim, para o autor, o gestor público é obrigado em levar em consideração o critério social, que se distingue dos critérios privados pelo fato de que a eficiência que se busca com a análise é considerada agora do ponto de vista da sociedade como um todo, e não do ponto de vista do projeto como tal, apenas.

Baasch, S.S.N. (1995) reforça também essa noção, quando afirma que uma empresa privada se enfrenta com preços determinados (ou com as condições de oferta e demanda) mas não tem que se preocupar com o que representam esses preços para a sociedade. E que pela natureza do seu trabalho, um empresário pode restringir suas reflexões a uma gama bastante limitada de efeitos, enquanto um planejador público deve adotar uma perspectiva mais ampla.

Segundo Burstyn, M.A.A. (1991), uma outra limitação da análise custo-benefício (ACB), é que esta está alicerçada sob bases teóricas da microeconomia neo-clássica, o que significa que a economia funciona de acordo com as regras da concorrência pura e perfeita, e que é possível de ser analisada a partir de uma abordagem estática. Neste sentido, a Análise custo-benefício tem dificuldade de considerar os efeitos do tempo, da sucessão das gerações, e a incerteza quanto ao futuro, além de outros fatores de difícil ponderabilidade, tais como a cultura e tradições das regiões.

A Análise de custo-benefício vale-se de um pressuposto que não pode ser admitido para a maior parte dos projetos, entre os quais os projetos de gerenciamentos de resíduos de construção e demolição, mesmo que seja “apenas” na perspectiva do canteiro. Assim, a análise custo-benefício encara o problema sob a perspectiva mais simples que pode existir na escolha entre dois projetos, que é quando existe um único critério apenas, sendo que para a ACB sob ponto de vista privado tudo se reduz ao critério monetário. A regra é escolher os projetos apenas e só sob o critério do benefício econômico líquido, sendo o objetivo maximizá-lo, maximizar a diferença entre receitas e custos, tudo medido em

unidades monetários. O mérito do projeto é visto apenas nessa base, e apenas isso é tido em conta na tomada de decisão, o que está errado.

Até mesmo quando fatores ambientais também são considerados nos processos de tomada de decisão, eles devem representar apenas um dos vários critérios a serem levados em linha de conta.

Acresce que os critérios ambientais trazem uma outra dificuldade para as análises custo-benefício, que é a de medir os seus benefícios em termos de moeda. Estes critérios podem muitas vezes ser avaliados em unidades diferentes da unidade moeda.

Os aspectos sociais relacionados com o bem estar dos trabalhadores ou das populações são mais um fator limitador para uma análise custo-benefício tradicional, meramente financeira. Assim, reduções ou aumentos de doenças respiratórias causadas pela poluição do ar que determinadas poeiras ou partículas em suspensão no ar, provenientes das obras, podem causar, não são fáceis de medir, muito menos de contabilizar em termos financeiros. Claro, sempre se pode tentar achar quantos dias perdidos de trabalho isso representou para o pessoal de obra, ou qual o seu impacto sobre variações de produtividade dos trabalhadores, mas isso é apenas uma parte do problema. Restaria ainda considerar os efeitos diretos e indiretos nas populações da circunvizinhança das obras, o que se torna mais difícil de contabilizar. Como calcular por exemplo o direito das pessoas, sejam elas internas à obra ou não, em terem um ambiente saudável? Como é que esse direito se traduz em moeda?

Ou ainda outras questões devem ser respondidas na computação dos benefícios econômicos da redução de resíduos: como a redução de descarga de resíduos influencia a qualidade do meio ambiente? Como é que essa influência pode ser traduzida em dinheiro ?

Assim, e de acordo com Grandjean e Memet, citados em Bursztyn (1991), a análise custo-benefício deve ser colocada no seu devido lugar. Com suas possibilidades e suas limitações este instrumento se constitui num elemento do debate público, e o valor que a resume não pode ser considerado como um indicador absoluto.

### **3.3 APOIO À DECISÃO, SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO – BREVE RESENHA**

#### **3.3.1 APOIO À DECISÃO**

Apresenta-se de seguida uma cronologia, para lembrar que a história da tomada de decisão é longa, rica e diversificada. Sabe-se que a mesma é só uma pequena amostra de

indivíduos, fatos, pesquisas e pensamentos que contribuiram para a noção que hoje se tem do tema.

Segundo Buchanan, L. e O’Connell, A. (2006) o Homem desde sempre esteve buscando novas ferramentas e novos modos de pensar para ajudá-lo a decidir. Da interpretação das vísceras de animais à inteligência artificial, o caminho percorrido foi longo, e inusitado.

Ainda de acordo com os autores, na pré-história, durante milênios, o homem se guia pela interpretação de coisas como vísceras de animais, fumaça e sonhos para tomar decisões. Gerações e gerações de chineses seguem a sabedoria poética e as instruções de adivinhação do *Ching*. Gregos consultam o oráculo de Delfos. Profetas e visionários de toda sorte predizem o futuro.

No século 6 a.C., Lao-Tsé prega o princípio da ação sem intenção, para que as coisas sigam seu curso natural. Confúcio explica que toda decisão deve ser influenciada pela benevolência, ritual, a reciprocidade e a piedade filial.

Cem anos depois, no século 5 a.C., em Atenas, cidadãos masculinos tomam decisões pelo voto, ferramenta de autogestão democrática que foi alargada ao sexo feminino e que vigora ainda nos dias de hoje.

Durante o século 4 a.C., no ano de 399 a.C., numa das primeiras decisões por júri, 500 cidadãos de Atenas condenam Sócrates à morte. E em 333 a.C., Alexandre, o Grande, corta com a espada o nó górdio, mostrando como um problema difícil pode ser resolvido com um golpe audaz.

De acordo com Buchanan, L. e O’Connell, A. (2006), uma das ferramentas de decisão ainda hoje mais usadas, o sistema numérico indo-arábico, que inclui o zero, apenas surgiria cerca de mil e trezentos anos depois, no século 9, circulando pelo império árabe e estimulando o crescimento da matemática.

No século 11, Omar Khayyam, usa o sistema numérico indo-arábico para criar uma linguagem de cálculo que abre caminho para o desenvolvimento da álgebra.

No século 14, um frade inglês propõe a chamada “navalha de Occam”, um princípio básico para cientistas e quem mais analise dados: computadas todas as evidências, a melhor de todas as teorias é a mais simples.

O século 17 é uma época fértil em acontecimentos significativos ligados a processos de tomada de decisões. Assim, em 1620, Francis Bacon afirma a superioridade do raciocínio indutivo na investigação científica. Em 1641, René Descartes propõe que a razão é superior à experiência na obtenção do conhecimento e estabelece o arcabouço para o método

científico. Em 1654, incentivado pela dúvida de um jogador profissional sobre o “problema dos pontos”, Blaise Pascal e Pierre de Fermata formulam o conceito de cálculo de probabilidades para eventos aleatórios.

No século 18, em 1738, Daniel Bernoulli assenta as bases da ciência do risco ao examinar eventos aleatórios do ponto de vista de quanto um indivíduo deseja, ou teme cada resultado possível.

Segundo os autores, no século 19, Carl Friedrich Gauss estuda a curva do sino, antes descrita por Abraham de Moivre, e cria uma estrutura para a compreensão da ocorrência de eventos aleatórios. E em 1880, Oliver Wendell Holmes, numa série de palestras mais tarde publicada sob o título *The Common Law*, afirma que — a vida da lei não é a lógica, mas a experiência; um juiz, diz, deve basear suas decisões não só nos estatutos da lei, mas no bom senso de membros da comunidade. Em 1886, Francis Galton descobre que, embora os valores num processo aleatório possam se afastar da média, sua tendência com o tempo é voltar a ela. Seu conceito de regressão à média vai influenciar a análise de investimentos e negócios.

Já durante o século passado, em 1900, estudos de Sigmund Freud sobre o inconsciente sugerem que atos e decisões do indivíduo muitas vezes são influenciados por causas ocultas na mente. E em 1907, o economista Irving Fischer apresenta o valor presente líquido como ferramenta de tomada de decisão, propondo o desconto do fluxo de caixa projetado a uma taxa que reflita o risco do investimento. Em 1921, Frank Knight distingue o risco (no qual é possível saber a probabilidade de um resultado e, portanto, buscar proteção) da incerteza (quanto é impossível saber a probabilidade de um desfecho). Em 1938, Chiste Bernard distingue a tomada de decisão pessoal da organizacional, para explicar por que certos funcionários agem com o interesse da empresa, e não o próprio em mente.

Na década de 1940, em 1944, num livro sobre a teoria dos jogos, John von Neumann e Oskar Morgenstern descrevem uma base matemática para a tomada de decisões econômicas: assim como a maioria dos teóricos até ali, julgam que o tomador de decisões é racional e coerente. Em 1946, a Alabe Crafts Company de Cincinnati lança a Magic 8 Ball. Em 1947, rejeitando a noção clássica de que quem toma decisões age com perfeita racionalidade, Herbert Simon diz que, devido ao custo de reunir informações, o executivo toma decisões com uma racionalidade limitada, contentando-se com decisões boas o bastante. Em 1948, o projeto RAND (contração de research and development) é separado da Douglas Aircraft e vira um centro de estudos sem fins lucrativos. Tomadores de decisões



usam as análises do centro para elaborar políticas sobre educação, nobreza, crime, meio ambiente e segurança nacional.

Na década de 1950, pesquisas realizadas no Carnegie Institute of Technology e no MIT vão levar ao surgimento das primeiras ferramentas informatizadas de apoio à decisão. Em 1951, Kenneth Arrow apresenta o teorema da impossibilidade, segundo o qual não há um conjunto de regras para a tomada de decisões social que preencha todos os requisitos da sociedade. Em 1952, Harry Markowitz demonstra matematicamente como montar carteiras diversificadas de ações para obter retornos consistentes.

De acordo com Buchanan, L. e O’Connell, A. (2006), na década de 1960, Edmundo Learned, C. Roland Christensen, Kenneth Andrews e outros desenvolvem o modelo de análise SWOT (vantagens, desvantagens, oportunidades e ameaças, na sigla em inglês), para a tomada de decisão em prazos curtos e circunstâncias complexas. Em 1965, empresas usam o System/360 da IBM para implantar sistemas de informação de gestão. Roger Wolcott Sperry inicia a publicação de estudos sobre a especialização funcional dos dois hemisférios do cérebro. Em 1968, Howard Raiffa explica, no livro “Decision Analysis”, muitas técnicas fundamentais, incluindo árvores de decisão e o valor esperado da informação de amostra (em contraste com a informação perfeita).

Na década seguinte, em 1970, John D.C. Littler desenvolve a teoria fundamental de sistemas de apoio à decisão e aumenta a capacidade destes. Em 1972, Irving Janis cunha o termo *groupthink* para a tomada de decisões falhas que prioriza o consenso em detrimento do melhor resultado. Nesse mesmo ano, Michael Cohen, James March e Johan Olsen publicam “*A Garbage Can Model of Organizational Choice*”, sugerindo que a empresa revire sua “lixeira de informações” atrás de soluções que foram parar no lixo por falta de um problema. Em 1973, Fischer Black e Myron Scholes (numa tese) e Robert Merton (em outra) mostram como avaliar com precisão opções de ações. Deflagrando uma revolução na gestão de risco. Henry Mintzberg descreve vários tipos de tomador de decisão e situa o processo decisório no contexto maior da atividade gestora. Victor Vroom e Philip Yetton criam o modelo Vroom-Yetton, que explica como diferentes estilos de liderança podem ser usados para resolver diferentes tipos de problema. No final da década, em 1979, Amos Tversky e Daniel Kahneman publicam a teoria do prospecto, que demonstra que o modelo econômico racional não é capaz de descrever como alguém toma decisões diante das incertezas da vida real. John Rockart trata das necessidades de dados de executivos, levando ao desenvolvimento de sistemas de informação para gestores.

Na década de 1980, em 1984, W. Carl Kester promove o conceito de opções reais ao sugerir que o gestor pense em oportunidades de investimento como opções sobre o futuro

crescimento da empresa. Daniel Isenberg explica que o executivo costuma combinar planejamento rigoroso com intuição quando o grau de incerteza é elevado. Em 1989, Howard Dresner apresenta o termo “*business intelligence*” para descrever uma série de métodos de apoio a um processo decisório analítico sofisticado voltado a melhorar o desempenho da empresa.

Já na década de 1990, em 1992, Max Bazerman e Margaret Neale fazem a conexão entre estudos sobre decisões comportamentais e negociações no livro *Negociando Racionalmente*. Em 1995, Anthony Greenwald cria o teste de associação implícita para revelar atitudes ou crenças inconscientes capazes de influenciar o julgamento. Em 1996, usuários da Internet passam a decidir o que comprar com base no que já foi adquirido por indivíduos similares.

Segundo os autores, já no início do século XXI, em 2005, na obra “Blink”, Malcolm Gladwell explora a tese de que decisões instantâneas são, às vezes, melhores do que as fundadas em longas análises racionais.

### **3.3.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

A nomenclatura “*sistemas de informação*” está hoje em dia intrinsecamente ligada ao uso dos computadores, e é nesse sentido que é usada neste sub-tópico.

Sistemas de informação, podem ser classificados de formas diversas, sendo uma delas a seguinte:

- ✓ Sistemas Transacionais
- ✓ Sistemas Gerenciais
- ✓ Sistemas Executivos
- ✓ Sistemas Especialistas
- ✓ Sistemas de Apoio à Decisão

#### **3.3.2.1 SISTEMAS TRANSACIONAIS**

Segundo Tom, P.L. (1991), os sistemas transacionais, por vezes também designados de operacionais, aparecem e são necessários nas fases iniciais de informatização das organizações. Muitas vezes aparecem com a sigla de EDP's (Electronic Data Processing). Eles são necessários para o controle operacional das empresas.

No modelo da evolução da informática nas organizações proposto por Richard Nolan,

sistemas de informação transacionais se enquadram nos estágios de iniciação e contágio. São sistemas operacionais, não integrados, atendem em geral à área administrativo-financeira, controlam, na maioria das vezes, o fluxo de informações financeiras, e os usuários finais esboçam uma certa resistência a utilizá-los. Os sistemas de folha de pagamento, contabilidade, controle de estoques, contas a pagar e a receber, faturamento, etc. são exemplos de sistemas de informação transacionais.

As principais funções e características dos sistemas transacionais são:

- ✓ Coletar, via digitação, os dados existentes nos documentos operacionais das organizações, validando-os;
- ✓ Armazenar esses dados em meio magnético;
- ✓ Ordenar ou indexar esses dados, de modo a facilitar o acesso a eles;
- ✓ Permitir consultas, on-line ou em batch, aos dados, detalhados ou agregados, que permitam retratar diferentes aspectos das operações;
- ✓ Gerar relatórios que possam ser distribuídos a outras pessoas que não os usuários diretos dos sistemas de informação.

Apesar de os sistemas transacionais só controlarem o fluxo de informações operacionais, eles também disponibilizam informações para a tomada de decisão. Um exemplo disso pode ser um sistema de controle de estoques que fornece informações sobre a movimentação do estoque para o departamento de compras. Este departamento poderá, através dessas informações, tomar decisões sobre quais produtos deverão ser comprados e em que quantidade. Um EDP (*Electronic Data Processing*) pode, portanto, fornecer informações para apoio à decisão. Isso, porém, não o torna, apenas em decorrência desse fato, um SAD (Sistema de Apoio à Decisão).

### **3.3.2.2 SISTEMAS GERENCIAIS**

De acordo com Davis, G.B. e Margrethe, H.O. (1985), a evolução natural da informatização das organizações, após a implantação dos sistemas transacionais, é o desenvolvimento de sistemas que forneçam informações integradas e sumarizadas, provenientes de diversos EDP (*Electronic Data Processing*). Essas informações têm a capacidade de fornecer material para análise, planejamento e suporte à decisão e possibilitam a gerentes de médio escalão visualizar o desempenho de seu departamento e mesmo da organização como um todo. Esses sistemas que abastecem com informações a média gerência são geralmente chamados de "*Management Information Systems*" (MIS).

O aparecimento desses sistemas acontece nos estágios de controle e integração, no modelo proposto por Richard Nolan (1977), onde o usuário é força motora e exige informações em maior quantidade, menor tempo e com melhor nível de integração.

Um exemplo de MIS é o de um sistema que analise as receitas e as despesas de uma organização e possibilite que gerentes as relacionem e comparem com o que foi planejado no orçamento.

As principais funções e características dos sistemas gerenciais são:

- ✓ Integrar dados de diversas aplicações e transformá-los em informação;
- ✓ Fornecer informações para o planejamento operacional, tático e até mesmo estratégico da organização;
- ✓ Suprir gerentes com informações para que estes possam comparar o desempenho atual da organização com o que foi planejado;
- ✓ Produzir relatórios que auxiliem os gerentes a tomar decisões.

A grande maioria das informações produzidas por um *Management Information System* (MIS), quer seja para análise de tendências, quer seja para planejamento ou revisão, auxilia os gerentes no processo de tomada de decisão. Isso significa que um sistema gerencial pode ter funções específicas que façam parte de ambientes de apoio à decisão.

### **3.3.2.3 SISTEMAS EXECUTIVOS**

Watson, H.J., Rainer, R.K. e Houdeshel, G. (1992), afirmam que, com base nos dados existentes nos sistemas transacionais, nas informações disponíveis nos sistemas gerenciais e em informações coletadas de fontes externas à organização, é possível construir sistemas de informação dirigidos para a alta gerência. Esses sistemas que abastecem a alta gerência de informações são usualmente designados de "*Executive Information Systems*" (EIS) e possibilitam que o executivo tenha ou ganhe acesso a informações internas e externas à organização que sejam relevantes para controlar os fatores críticos de sucesso.

De acordo com Henry C. Lucas Jr., em seu livro "*Information Systems Concepts for Management*", um *Executive Information System* não tem maiores diferenças conceituais em relação a um sistema de apoio à decisão (SAD). O que o diferencia é, usualmente, a interface com o usuário, que deve permitir que um executivo o utilize com facilidade.

Os *Executive Information System* começam a ser desenvolvidos nas organizações nos estágios de administração de dados e maturidade, no modelo definido por Richard

Nolan (1977). Nesses estágios os sistemas de informação existentes refletem o fluxo de informações da organização, o usuário participa integralmente do desenvolvimento dos sistemas, as informações passam a tornar-se patrimônio da organização, o crescimento da informática é ordenado, a informática passa a ter função de apoio estratégico para a organização e não se tomam decisões sem base nas informações produzidas por um EIS.

As principais funções e características dos sistemas executivos são:

- ✓ Gerar mapas, gráficos e dados que possam ser submetidos a análise estatística para prover os executivos com informações comparativas, fáceis de entender;
- ✓ Fornecer dados detalhados sobre o passado, presente e tendências futuras das unidades de negócios em relação ao mercado para ajudar ao processo de planejamento e de controle da organização;
- ✓ Possibilitar a análise das informações obtidas;
- ✓ Permitir que o executivo se comunique com o mundo interno e externo através de interfaces amigáveis (correio eletrônico, teleconferência, etc.) que sejam flexíveis a ponto de se ajustarem ao seu estilo pessoal;
- ✓ Oferecer ao executivo ferramentas de organização pessoal (calendários, agendas eletrônicas, etc.) e de gerenciamento de projetos, tarefas e pessoas.

### **3.3.2.4 SISTEMAS ESPECIALISTAS**

Segundo Rockart e Bullen (1986), o conhecimento e as experiências que uma pessoa detém sobre uma certa área de conhecimento, precisa ser, muitas vezes, mantido e disseminado para que pessoas com menos conhecimento e experiência possam deles se aproveitar para resolver seus problemas.

Existem sistemas de informação que armazenam e disponibilizam o conhecimento e as experiências de especialistas. Esses sistemas são geralmente designados como "*Expert Systems*" (ES), quando providenciam, eles mesmos, soluções para determinados problemas, e como "*Expert Support Systems*" (ESS), quando fornecem informações extraídas das bases de conhecimento a profissionais e executivos para ajudá-los no processo de tomada de decisão.

Habitualmente, o desenvolvimento desses sistemas não depende da existência de outros sistemas de informação e, portanto, eles podem ser desenvolvidos em qualquer um dos estágios da evolução da informática no modelo definido por Richard Nolan (1977).

As principais funções e características dos sistemas especialistas são:

- ✓ Armazenar o conhecimento e as experiências de especialistas em bases de conhecimento;
- ✓ Utilizar mecanismos de inferência integrados às bases de conhecimento para resolver, ou ajudar a resolver, problemas;
- ✓ Habilitar a inclusão de novos conhecimentos nas bases de conhecimentos sem eliminar os conhecimentos já armazenados.

### 3.3.2.5 SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO

Os sistemas de informação até aqui descritos podem ter funções que providenciem informações para tomada de decisão. **Segundo Ralph H. Sprague e Hugh J. Watson (1991), no livro “Sistemas de Apoio à Decisão”, qualquer sistema que forneça informações para auxílio à decisão é um sistema de apoio à decisão (SAD).**

Esta afirmação é, no entanto, muito questionável, pois SAD são sistemas que não apenas providenciam informações para apoio à tomada de decisão, mas que contribuem para o processo de tomada de decisão. A obtenção da informação é apenas parte do processo.

Os sistemas de apoio à decisão, que são muitas vezes designados como "*Decision Support Systems*" (DSS), têm funções específicas, não vinculadas aos sistemas existentes, que possibilitam buscar informações nas bases de dados existentes e delas retirar elementos para o processo de tomada de decisão. Os SAD começam a ser desenvolvidos na organização a partir dos estágios de controle e integração no modelo proposto por Richard Nolan (1977).

A literatura existente sobre sistemas de apoio à decisão não deixa muito claro o que vem a ser um SAD. Existem muitas definições que são contraditórias e que podem, inclusive, ser confundidas com definições de outros tipos de sistemas de informação.

Exemplifiquemos três dessas definições:

- ✓ "SAD é um sistema de informação que apoia qualquer processo de tomada de decisão em áreas de planejamento estratégico, controle gerencial e controle operacional"
- ✓ "SAD é um sistema baseado em computador que auxilia o processo de tomada de decisão utilizando dados e modelos para resolver problemas não estruturados"
- ✓ "SAD é uma estratégia de implementação que torna o computador útil ao gerente"

Analisando as definições apresentadas, algumas questões podem ser levantadas, como, por exemplo:

✓ Um *Executive Information System* (EIS) também ajuda no processo de tomada de decisão na área de planejamento estratégico e, no entanto, não é chamado de SAD. O mesmo acontece com um *Management Information System* (MIS) na área de controle gerencial e com um *Electronic Data Processing* (EDP) na área de controle operacional.

✓ Um SAD também serve para auxiliar a resolução de problemas estruturados.

✓ Todo sistema de informação pode ser útil ao nível gerencial e, no entanto, nem todo sistema de informação será um SAD.

Um sistema executivo, um sistema gerencial e um sistema transacional podem ter funções que forneçam informações para apoio à decisão. Porém, esses sistemas de informação não foram construídos com o intuito de auxiliar o processo de tomada de decisão. Quando se fala em auxiliar o processo de tomada de decisão, isso não significa apenas fornecer informações para apoio à decisão, mas, também, analisar alternativas, propor soluções, pesquisar o histórico das decisões tomadas, simular situações, etc.

O processo de tomada de decisão se desenvolve, portanto, através da interação constante do usuário com um ambiente de apoio à decisão especificamente criado para auxiliar as decisões a serem tomadas.

As principais características dos sistemas de apoio à decisão são:

✓ Permitem um desenvolvimento rápido, com a participação ativa do usuário em todo o processo;

✓ Existe facilidade para incorporar novas ferramentas de apoio à decisão, novos aplicativos e novas informações.

✓ Segundo Burch, J.G. e Grudnitski, G. (1989), os SAD são flexíveis na busca e manipulação das informações.

✓ De acordo com Mitra, S.S. (1986), apresentam uma individualização e orientação para a pessoa que toma as decisões, com flexibilidade de adaptação ao estilo pessoal de tomada de decisão do usuário;

✓ Real pertinência ao processo de tomada de decisão, ajudando o usuário a decidir através de subsídios relevantes;

✓ Para Awad, E.M (1988) apresentam usabilidade, ou seja, facilidade para que o usuário o entenda, use e modifique de forma interativa.

### **3.4 MÉTODOS MULTICRITERIAIS**

Nos processos multicriteriais de decisão existe um ou vários decisores (decisão individual ou em grupo), existe normalmente a definição de uma meta, de um conjunto de critérios e de objetivos a serem perseguidos, e de um conjunto de alternativas das quais uma será selecionada.

De acordo com Baasch, S.S.N. (1995) que cita a classificação de Giangrande (1988), os métodos multicriteriais podem ser classificados em três grandes famílias: a teoria da utilidade multiatributo, os métodos de sub-classificação e os métodos interativos. Sendo que segundo a autora, Roy, B. (1985) os designa respectivamente de: enfoque do critério único de síntese, o qual exclui toda a incomparabilidade, enfoque de sub-classificação de síntese, o qual aceita a incomparabilidade, e enfoque do julgamento local interativo, com interação tentativa-erro.

Existe uma quantidade muito grande de métodos multicriteriais, alguns deles vão tendo versões consecutivas, até, donde, apresentaremos aqui uma breve revisão apenas de alguns dos mais difundidos nos dias de hoje.

Dentre os métodos multicriteriais poderemos citar: o CBA (Choosing by Advantages), o Método da Lógica Fuzzy, o conjunto das várias versões do método ELECTRE, o conjunto das várias versões do método PROMETHEE, o método MAUT, o método TOPSIS, e outros.

Mas dentre os métodos multicriteriais cedo ganhou relevância pela sua abrangente utilização o método AHP (Analytic Hierarchy Process), que é um método multicriterial de decisão hierárquica desenvolvido por Thomas Saaty, na década de 1970, na Universidade da Pensilvânia. Desde essa época ele foi extensivamente aplicado na resolução de problemas complexos nas mais diversas áreas, e vem sendo estudado e refinado desde então.

#### **3.4.1. O MÉTODO AHP**

Assim, Baasch, S.S.N. (1995), naquela época, já citava como alguns casos de aplicação do método AHP os seguintes:

- Aplicação do método para desenvolver uma estimativa geral de prioridade, tanto para os sete minerais mais importantes encontrados em um país em desenvolvimento, como para os seis critérios associados com eles, com o objetivo de considerar os potenciais presentes e futuros na moldagem de uma estratégia para exploração mineral;



- Estudo sobre a influência das sete nações (Estados Unidos, União Soviética, China, França, Grã-Bretanha, Japão e Alemanha) sobre o mundo através de suas riquezas, ou seja, suas capacidades de mobilizar populações com o objetivo de levar avante missões que afetam o resto do mundo, quer seja produzindo materiais especiais ou idéias. Os critérios utilizados foram recursos humanos, riqueza, tecnologia, comércio e poderio militar.

- Estudo sobre o futuro da educação superior nos Estados Unidos (1985-2000), um processo de planejamento para a frente. O problema na época, era construir sete cenários ponderados e um cenário composto que refletissem o futuro da educação nos Estados Unidos naquele período;

- Estudo do transporte para o Sudão, um processo de planejamento para trás. O objetivo era implantar redes de transporte para exportação de bens agrícolas. Diferentes partes da rede deveriam ser implementadas em épocas diferentes. Os projetos das redes foram priorizados, de acordo com sua contribuição, para o desenvolvimento das regiões através das quais elas passavam. As prioridades dos projetos consideravam separadamente os impactos políticos, sociais e econômicos;

- Planejamento para o futuro da distribuição de energia elétrica nos Estados Unidos, um processo combinado para a frente-para trás. Este tipo de processo é usado para definir as interações entre os vários atores que tenham influência no futuro do serviço, nos objetivos de cada ator, nos possíveis cenários futuros e nos problemas inerentes para o alcance dos cenários desejados e das variáveis de decisão ou políticas;

- Gerência de sistemas de atendimento médico, os quais apresentam altos graus de conflitos, objetivos incompatíveis e tarefas bastante diferenciadas. Nos sistemas de saúde, os objetivos tendem a ser abstratos, há autoridade difusa, há baixa interdependência e as medidas são poucas e controversas;

- Aplicação aos conflitos na Irlanda do Norte para permitir uma solução estável;

- Outras aplicações referiram-se à escolha ideal entre usinas de carvão nos Estados Unidos, estimativa do consumo de energia anual de eletrodoméstico, problemas de recipientes para refrigerantes, escolha de um candidato do partido democrata americano, e a questão de promoção e garantia de emprego por toda a vida.

À época, uma aplicação do modelo hierárquico de Saaty, que mais se aproximava da questão ambiental, foi desenvolvida para o uso ideal da terra. Nesta aplicação, os critérios foram: fauna e flora, vida selvagem, recreação, mineração, e desenvolvimento econômico. Inicialmente, a terra foi dividida em agrupados com vários lotes, sendo, posteriormente, desagregada e comparada.

Também à época e no Brasil haviam sido desenvolvidas três aplicações do método; uma para o estado Maior do Exército Brasileiro e as outras duas na Embratel – Empresa Brasileira de Telecomunicações S.A. No primeiro caso, o Método de Análise Hierárquica foi usado para ordenação de prioridades de projetos experimentais do programa de Pesquisa e Desenvolvimento. E, na Embratel, o método foi empregado no julgamento de licitações, em processos de decisão empresarial e no planejamento estratégico (Saaty, 1991).

Hoje em dia, se for feita pesquisa na internet em trabalhos acadêmicos, é fácil observar que a aplicação do método AHP, desenvolvido por Saaty, percorre todos os campos do conhecimento. Assim, é possível encontrar trabalhos para resolução de problemas complexos por exemplo nas áreas da aeronáutica, redes de transportes, indústria automotiva, biologia, redes de distribuição de eletrodomésticos, área ambiental, construção civil, área contábil e financeira, etc.

O pesquisador fez um estudo com alguma profundidade de detalhe, acompanhando e resolvendo passo a passo problemas apresentados em alguns artigos, sobre a aplicação do método, bem como de uma dissertação, conforme se descreverá resumidamente mais adiante.

O AHP fornece um procedimento abrangente e racional para estruturar um problema, para representar e quantificar seus elementos, para relacionar estes elementos com as metas globais e para avaliar, comparar e ordenar soluções alternativas.

Para se utilizar o método AHP deve se começar por estabelecer uma hierarquia, desde o nível mais alto aos níveis sucessivamente mais baixos, e que normalmente passa por começar por estabelecer uma meta ou um objetivo global (o qual pode depois, se for o caso ser decomposto já num nível abaixo em sub-objetivos mais específicos), estabelecer uma lista de critérios que serão considerados na resolução do problema e que contribuirão, cada um deles à sua maneira e com o seu peso para o atingir da meta global (os critérios estarão um nível abaixo do dos objetivos específicos, se houver, ou da meta global a ser atingida), esses critérios também podem vir a ser sub-divididos em subcritérios, um nível abaixo no problema, até que se chega à consideração de uma série de alternativas das quais no final resultará aquela que for considerada a melhor.

Em cada um dos níveis hierárquicos da estruturação do problema serão construídas matrizes de decisão, com atribuição de pesos ou graus de importância relativa, nas quais serão feitas comparações para a par entre os elementos que estão a um mesmo nível da hierarquia.

Uma das grandes vantagens do método AHP é que ele permite lidar não apenas com variáveis quantitativas como com variáveis qualitativas, avaliando-as, atribuindo-lhes

pesos/graus de importância. No entanto essa é uma avaliação que muitas vezes é feita de forma subjetiva pelo decisor ou conjunto de decisores.

A figura 37 representa a estrutura hierárquica típica no método AHP.

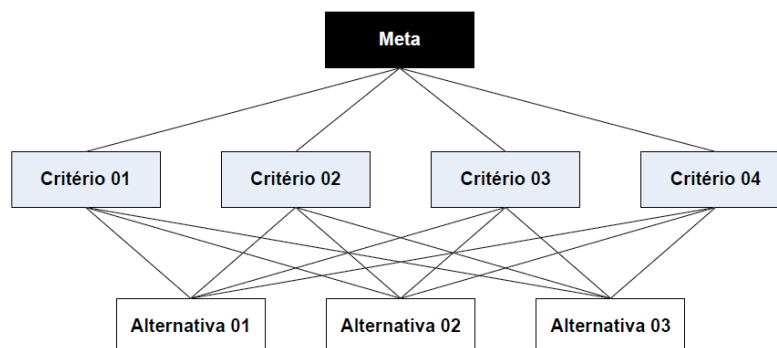


Figura 37 - Estrutura hierárquica do método AHP (Fonte: Vargas, R.V. , 2010)

Criada essa estrutura hierárquica representada na figura acima, o passo seguinte é construir uma “matriz de decisão”, onde os critérios serão comparados entre eles dois a dois, comparações par a par, para atribuição do seu grau de importância relativa em relação ao grande objetivo do problema que é a meta. Essa matriz de decisão é uma matriz quadrada de ordem **n**, sendo que **n** o número de critérios considerados, no caso.

Além de ser quadrada de ordem n a matriz de decisão ainda deverá ser recíproca, ou seja, para todo o seu elemento  $a_{ij}$  com i diferente de j, terá que ser verificada a condição de que  $a_{ij}$  seja igual a  $1/a_{ji}$ . Além disso todos os elementos da diagonal principal dessa matriz de decisão assumirão o valor 1, o que é lógico visto que quando se compara a importância de um critério com ele mesmo no que respeita à persecução de um objetivo, a importância tem que ser a mesma (daí o valor 1).

Ou seja, até agora temos uma matriz de decisão (para os critérios) que poderemos designar de matriz A , do seguinte tipo:

$$\begin{vmatrix}
 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\
 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\
 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdots & a_{3n} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \cdots & 1
 \end{vmatrix}$$

Figura 38 – Aspecto típico da matriz de decisão do método AHP (Fonte: Oliveira, C.A. de; Belderrain, M.C.N., 2008)

De referir que os elementos  $a_{ij}$  da matriz A, que tal como se disse não são mais que valores de comparação para a par entre o critério i e o critério j deverão seguir uma escala de comparação cujos valores 1 e 9. Essa escala, designada de Escala Fundamental, foi proposta por Saaty em 1980, e tem a forma que se apresenta na figura a seguir, com os significados que nela constam também. Devido à reciprocidade já referida dos elementos da matriz A, serão admissíveis os correspondentes valores recíprocos de 1/9 , 1/7 , 1/5 , 1/3.

| Intensidade | Definição                                | Explicação   |
|-------------|--|--|
| 1           | Igual importância.                       | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.  |
| 3           | Importância pequena de uma sobre outra.  | A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.                              |
| 5           | Importância grande ou essencial.         | A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra.                     |
| 7           | Importância muito grande ou demonstrada. | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática. |
| 9           | Importância absoluta.                    | A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.        |
| 2,4,6,8     | Valores Intermediários.                  | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.                             |

Figura 39 – Escala fundamental de Saaty. (Fonte: Oliveira, C.A. de; Belderrain, M.C.N., 2008)

Nota: O pesquisador deve no entanto referir que no seu estudo/revisão bibliográfica sobre este assunto, já teve oportunidade de ver pelo menos um artigo onde o autor usava como elementos das matrizes de decisão valores que embora cumprissem a condição de reciprocidade, não eram valores inteiros, tampouco.

Construída a matriz de decisão com base nas avaliações/julgamentos/comparações par a par de acordo com os valores da escala fundamental de Saaty, o passo a seguir do método AHP é o de normalizar essa matriz de decisão. Para isso o que se faz é dividir cada elemento da matriz de decisão pelo somatório dos valores dos julgamentos/comparações correspondentes à respetiva coluna.

Exemplificando, se tivéssemos por exemplo uma matriz de decisão quadrada de ordem 5, com os elementos da forma  $a_{ij}$ , para normalizarmos o elemento da primeira linha e primeira coluna da matriz,  $a_{11}$ , aconteceria que o correspondente valor na matriz normalizada seria igual a  $( a_{11} ) / ( a_{11} + a_{21} + a_{31} + a_{41} + a_{51} )$ ; por sua vez o valor  $a_{21}$  depois de normalizado viria igual a  $( a_{21} ) / ( a_{11} + a_{21} + a_{31} + a_{41} + a_{51} )$ ; o valor do elemento  $a_{31}$  depois de normalizado viria igual a  $( a_{31} ) / ( a_{11} + a_{21} + a_{31} + a_{41} + a_{51} )$ ; o valor do elemento  $a_{41}$  depois de normalizado viria igual a  $( a_{41} ) / ( a_{11} + a_{21} + a_{31} + a_{41} + a_{51} )$ ; e o valor do elemento  $a_{51}$  depois de normalizado viria igual a  $( a_{51} ) / ( a_{11} + a_{21} +$

$a_{31} + a_{41} + a_{51}$  ). Para normalizar os elementos da matriz de decisão das restantes colunas seguiu-se-ia raciocínio semelhante.

A matriz normalizada assim obtida por hipótese designaremos de matriz  $A^*$ , cujos elementos são genericamente da forma  $a^*_{ij}$

O passo a seguir no método AHP é o de determinar o vetor de prioridades (neste caso dos critérios visto que são eles que estão sendo comparados entre si), que muitas vezes surge na bibliografia com nomes diferentes como seja vetor de Eigen, ou auto-vetor principal ou vetor médio das linhas. Por hipótese este vetor designar-se-á por vetor  $W$ , cujos elementos serão genericamente  $w_{11}, w_{21}, \dots, w_{n1}$ .

Para calcular o vetor de prioridades calcula-se simplesmente a média aritmética da soma dos valores de cada uma das linhas da matriz normalizada. Donde, e exemplificando, para uma matriz de ordem 5, suponha-se, o valor dos elementos do vetor de prioridades vem:  $w_{11} = (a^*_{11} + a^*_{12} + a^*_{13} + a^*_{14} + a^*_{15}) / 5$ ; de modo semelhante o elemento  $w_{21}$  do vetor de prioridades viria igual a:  $w_{21} = (a^*_{21} + a^*_{22} + a^*_{23} + a^*_{24} + a^*_{25}) / 5$ ; para  $w_{31}, w_{41}$ , e  $w_{51}$  o processo de cálculo seria semelhante.

Os valores assim determinados/calculados para o vetor de prioridades têm um significado físico direto no método AHP. Eles significam a participação ou o peso que aquele critério tem no resultado da meta global do problema.

O próximo passo no método AHP consiste em determinar o produto não entre a matriz normalizada  $A^*$  mas sim entre a matriz de decisão  $A$  inicial (que fazia o julgamento/comparações para a par entre os critérios de acordo com os valores da escala fundamental de Saaty), e o vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas. Ao fazer isso obtém-se um outro vetor da mesma ordem do vetor de prioridades, o qual (vetor com  $n$  linhas, sendo  $n$  a ordem da matriz de decisão, e uma coluna apenas) se designará por vetor coluna, aqui assumido como vetor  $C$  (cujos elementos serão  $c_{11}, c_{21}, c_{31}, \dots, c_{n1}$ ).

Nesta altura estamos em condições de começar o processo de avaliação de consistência da matriz de decisão  $A$ .

Para isso começa-se por se dividir cada um dos elementos do vetor  $C$  pelo correspondente valor do vetor médio das linhas, o que resultará num vetor  $D$  ( $D$  de “divisão”, por exemplo), também do tipo  $(n \times 1)$ . Assim, os elementos de  $D$  são respetivamente iguais a:  $d_{11} = (c_{11}/w_{11})$ ;  $d_{21} = (c_{21}/w_{21})$ ;  $d_{31} = (c_{31}/w_{31})$ ; .....  $d_{n1} = (c_{n1}/w_{n1})$ .

Em seguida determina-se o valor soma de todos os elementos desse vetor  $D = (d_{11} + d_{21} + d_{31} + \dots + d_{n1})$ , o qual por hipótese dará um valor  $T$  (de total, por exemplo). A seguir

calcula-se a média dos valores do vetor coluna D, dividindo esse valor T pelo número de elementos de D.

Esse valor médio dos elementos de D é um parâmetro muito importante que aparece na literatura designado por  $\lambda_{\text{máx}}$  ou **autovalor máximo**.

A partir desse valor  $\lambda_{\text{máx}}$  determina-se o **índice de consistência (IC)** da matriz de decisão inicial não normalizada A, através da expressão:  $\text{IC} = ( \lambda_{\text{máx}} - n ) / (n-1)$ .

O passo a seguir é o de avaliar qual o valor do índice randômico (IR), que é um valor que é fixo e é função do número de ordem da matriz de decisão. Os valores desse índice randômico, estabelecidos por Saaty, e segundo Ventura (2009), e até um número de ordem 15 são os que constam na figura a seguir.

| n  | 1 | 2 | 3    | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IR | 0 | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Figura 40 – Tabela de valores do índice randômico, IR. (Fonte: Saaty, apud Ventura, 2009)

Com os valores do índice randômico (IR) e do índice de consistência (IC), pode-se então determinar a **taxa de consistência relativa (CR)**, através da expressão:  $\text{CR} = \text{IC} / \text{IR}$ . Para que a matriz de decisão/julgamentos inicial, A, possa ser considerada consistente,  $\text{CR} \leq 10\%$  ( $= 0,1$ ). Se isso não acontecer deverá ser feita uma reavaliação dos pesos atribuídos às comparações par a par estabelecidas neste caso entre os vários critérios, na matriz A, até que essa condição se verifique.

Nota: o pesquisador deve no entanto fazer notar que, tendo analisado e resolvido passo a passo alguns artigos acadêmicos sobre a aplicação do método AHP, ou o pesquisador se enganou, ou alguns desses autores assumiram valores de CR que teriam sido subestimados (inferiores àqueles a que o pesquisador chegou, portanto).

E a partir daqui o processo repetir-se-ia para o nível imediatamente abaixo, que será o nível das alternativas, sendo que agora deverão ser construídas tantas matrizes de decisão, comparando todas as alternativas duas a duas, quantas o número de critérios que tenham sido definidos previamente.

Ou seja, será construída uma primeira matriz de decisão quadrada e recíproca comparando todas as alternativas, aos pares, confrontando todas as combinações possíveis delas duas a duas, portanto, segundo a perspectiva do critério 1, depois terá que ser feito o mesmo mas segundo a perspectiva do critério 2, e assim sucessivamente até a última dessas

matrizes de decisão, composta pelas comparações entre alternativas duas a duas, segundo o último dos critérios estabelecidos.

A seguir cada uma dessas matrizes de decisão/julgamentos das alternativas segundo cada critério terá que ser normalizada, e o processo volta a repetir-se novamente até o final, até novamente serem determinadas as taxas de consistência relativas de cada uma dessas matrizes.

De novo, se o valor da taxa de consistência relativa de alguma dessas matrizes falhar o critério de ser menor ou igual a 10%, deverão ser reavaliados os pesos/julgamentos entre as alternativas dentro da matriz de decisão correspondente ao critério em que essa falha se verificou até que a condição seja cumprida.

Partindo do pressuposto que todas as matrizes de decisão cumpriram o critério relativo à taxa de consistência relativa, fosse ao nível dos critérios entre si fosse ao nível das alternativas e segundo cada critério, e sintetizando temos o seguinte:

- Numa primeira fase, quando se trabalhou com a matriz de decisão A que estabelecia a comparação aos pares entre os critérios entre si, em determinado momento do processo chegou-se a um vetor médio das linhas. **Esse vetor médio das linhas traduz a importância relativa de cada um dos critérios para o atingir da meta global do problema.**

Mais tarde, já num nível abaixo, à medida que se foram construindo as matrizes de decisão que comparam as alternativas duas a duas segundo a perspectiva de cada um dos critérios, à medida que normalizamos essas novas matrizes de decisão e calculamos os seus vetores de prioridade/vetores de Eigen/vetores médios das linhas, esses valores dão-nos uma medida de quanto importante é cada uma das atividades para o critério que está sendo considerado.

**Então, se quisermos saber qual a importância de cada uma das alternativas para o atingir da meta global do problema, o que se deve fazer é somar os produtos da importância da alternativa em questão dentro do critério que estiver sendo considerado pelo valor da importância do próprio critério no atingir da meta global.**

Nota importante: De referir que quando somamos os valores da importância / prioridade / média das linhas dos vários critérios para o atingir da meta global, ou quando fazemos o mesmo para os valores das importâncias/prioridades/média das linhas das várias alternativas dentro de cada um dos critérios considerados, em qualquer dos casos essas somas têm obrigatoriamente que dar o valor 1 (100%).

### 3.4.1.1. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO MÉTODO AHP

Existiram várias ordens de razões que levaram o pesquisador a escolher o método na resolução do problema de pesquisa, a saber:

- Desde logo começou por ser uma sugestão do seu próprio orientador, Professor Dr. José da Costa Marques Neto, fazendo-lhe notar que era um método que ainda não tinha sido aplicado, ou se tinha em questões pontuais, na resolução de problemas dentro dos canteiros de obras.

- Depois pela própria abrangência no espectro de aplicabilidade do método, visto que ele tem décadas de aplicação nos mais variados ramos da ciência e na resolução dos mais variados problemas dentro de cada uma delas.

- Depois porque o método AHP tem uma característica importante que o diferencia de quase todos os demais métodos multicriteriais e que é a sua capacidade de transformar em valores numéricos avaliações que estão sendo feitas sobre variáveis essencialmente qualitativas, o que é importante para conferir racionalidade na resolução dos problemas. Exemplificando: se uma empresa definir suponha-se como critério no gerenciamento dos seus resíduos em seus canteiros o benefício que isso pode trazer para a reputação da própria empresa, como traduzir isso num número? De alguma forma o método de Saaty acaba resolvendo essas situações através da atribuição dos pesos nas matrizes de decisão, mesmo que essa atribuição tenha um caráter subjetivo ligado ao decisor ou decisores.

- Além disso o método AHP é um método flexível que tolera algumas situações de ambiguidade ou mesmo de contradição, sobretudo em questões de transitividade.

Assim, tem autores que defendem que não é porque dentro de uma determinada matriz de decisão,  $x$  foi avaliado como sendo menor que  $y$  e por sua vez  $y$  foi avaliado como sendo menor que  $z$ , que  $x$  obrigatoriamente terá que ser menor que  $z$ . Existe alguma divergência no entanto de opiniões entre autores quanto a este aspecto, havendo quem defenda que a consistência das matrizes de decisão pode ser afetada por situações dessas e quem defenda que não.

- Por outro lado, considerando que a questão dos resíduos em canteiros de obra, e respetivo gerenciamento, pode estar sujeita a decisões que ultrapassem as questões puramente técnicas, econômicas ou até de caráter normativo/legislativo, o método AHP tem a capacidade de trabalhar características como diversidade e complexidade de atores, critérios e ações, sem transformá-los em funções de utilidade ou de valor.

- Ademais e segundo Baasch, S.S.N. (1995), a estruturação do problema complexo numa hierarquia não torna rígida a interação, nem tampouco significa que os níveis



superiores sejam realmente mais importantes que os inferiores. Na opinião da autora, tal dinamismo circular (um nível alimentando o outro e sendo alimentado por outros) permite uma flexibilidade necessária para se trabalhar a complexidade da questão dos resíduos.

- Ainda segundo Baasch, S.S.N. (1995), os procedimentos do método AHP permitem incorporar os valores perceptivos de vários decisores e resolver pontos de vista conflitivos entre eles.

- Foi possível verificar a aplicabilidade e sucesso do método AHP na resolução de vários problemas complexos relativos a questões ambientais e mais especificamente a problemas de gerenciamento de resíduos sólidos (RS), embora quase sempre na perspectiva das municipalidades, que é uma perspectiva diferente das construtoras, cujo foco é mais o dos seus canteiros de obra e não tanto o espaço público do município, embora ambas as coisas andem interligadas.

No entanto deve-se destacar que com a aplicação do método AHP não se pretende propor uma solução mágica para o encaminhamento/gerenciamento dos resíduos dentro de canteiros de obra, mas sim sugerir um método que admita as limitações e a complexidade do problema, operando no entanto de forma dinâmica e transparente.

### **3.4.1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE CASOS DE APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP**

Esta revisão bibliográfica feita pelo pesquisador seguiu um modo de funcionamento que foi o seguinte: numa primeira fase estudaram-se alguns casos de aplicação do método AHP em problemas que não estavam relacionados nem com a área ambiental, nem com a parte do gerenciamento de resíduos, apenas como uma estratégia inicial de ir descobrindo o método, como ele funcionava, e buscar uma familiarização com o mesmo.

Depois e com a continuação da revisão, aí sim foi-se tentando buscar trabalhos acadêmicos que tivessem lidado especificamente com questões ambientais, com questões de gerenciamento de resíduos sólidos, mesmo que por qualquer motivo a abordagem tivesse sido a do gerenciamento desse tipo de materiais no espaço público (município) e não no espaço privado (canteiro).

Segue-se então a descrição resumida de alguns trabalhos acadêmicos analisados sobre o método AHP.

#### **3.4.1.2.1. - PUBLICAÇÃO DA AUTORIA DE VARGAS, R.V. (2010), SOBRE A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA SELECIONAR E PRIORIZAR HIPOTÉTICOS PROJETOS, NA GESTÃO DO PORTFÓLIO DOS PROJETOS A SEREM IMPLEMENTADOS POR UMA DETERMINADA EMPRESA**

Vargas começa desde logo por apresentar uma perspetiva interessante quando afirma “.....de modo simplificado, a priorização dos projetos em um portfólio nada mais é do que uma ordenação baseada em uma relação entre os custos e os benefícios de cada projeto. Terão maior prioridade os projetos em que os benefícios crescem em relação aos custos. É importante ressaltar que essa referência a custo/benefício não se refere exclusivamente a critérios financeiros, tais como a Taxa Financeira de Custo/Benefício. Mas sim ao conceito amplo dos ganhos e dos esforços requeridos para realizar cada projeto. Uma vez que as organizações estão inseridas em um contexto complexo, variável e muitas vezes caótico, o desafio da definição anteriormente apresentada está exatamente em determinar o que é custo e o que é benefício para uma determinada organização.”

E Vargas exemplifica com a tabela da figura 41 para o que podem ser custos e benefícios dentro de uma organização.

| Possíveis Definições de Baixo Custo | Possíveis Definições de Alto Benefício |
|-------------------------------------|--|
| Mais barato                         | Maior lucro                            |
| Menos necessidade de recursos       | Maior retorno do investimento feito    |
| Mais fácil de ser executado         | Aumento no número de clientes          |
| Menos complexo                      | Aumento na competitividade             |
| Menos resistência interna           | Melhoria na sociedade                  |
| Menos burocrático                   | Aumento do <i>Market Share</i>         |
| Menos riscos (ameaças)              | Executivos e acionistas mais felizes   |

Figura 41 – Diferentes percepções e sinônimos para as definições de baixo custo e alto benefício. (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

Da análise da tabela da figura 41 Vargas já observa que as diferentes dimensões incluídas na mesma mostram como é complicado determinar uma tradução exata para o que significa baixo custo e alto benefício, e que por isso, um único critério ou uma única “tradução” não é viável para decidir sobre quais projetos devem ser relacionados ou não. E que é preciso uma análise multicritério.

Cada organização desenvolve o seu próprio conjunto de critérios, os quais estão alinhados aos objetivos da organização.

No caso da publicação, Vargas afirma que para a organização fictícia foram estudados com a área financeira, com a de planejamento estratégico e com a área de gerenciamento de projetos, quais os critérios que deveriam ser considerados para a escolha dos projetos a serem implementados.

Daí surgiram quatro grandes grupos de critérios, a saber:

1 – Comprometimento das partes interessadas;

2 – Critérios financeiros;

3 – Critérios estratégicos;

4 – Outros critérios;

Por sua vez, em cada um destes grupos de critérios ainda foram incluídos vários sub-critérios. Assim, dentro do grupo 1 (comprometimento das partes interessadas), foram definidos como sub-critérios:

- Comprometimento do time;
- Comprometimento da organização;
- Comprometimento do gerente de projeto;

Por seu lado, dentro do grupo 2 (critérios financeiros), foram definidos como sub-critérios:

- Retorno do investimento (ROI);
- Lucro (US\$);
- Valor presente líquido (NPV)

Dentro do grupo 3 (Critérios estratégicos), Vargas definiu como sub-critérios os seguintes:

- Melhoria da Habilidade para competir em mercados internacionais;
- Melhoria dos processos internos;
- Melhoria da reputação;

Finalmente, no último grupo de critérios (Outros critérios), Vargas definiu como sub-critérios os seguintes:

- Diminui os riscos/ameaças para a organização;
- Urgência;
- Conhecimento técnico interno;

Vargas define o significado de cada um desses três últimos sub-critérios, o que não faremos aqui pois o foco é apenas compreender como funciona o método AHP.

A partir da definição dos 4 conjuntos de critérios e respectivos sub-critérios, Vargas começou então o desenvolvimento do método AHP começando por determinar uma matriz de pesos/julgamentos/decisão, **comparando dois a dois cada um dos 4 grupos de critérios.**

E essa matriz de pesos/julgamentos/decisão a que chegou foi a da figura 42.

|                  | Comprometimento | Financeiro | Estratégicos | Outros Critérios |
|------------------|-----------------|------------|--------------|------------------|
| Comprometimento  | 1               | 1/5        | 1/9          | 1                |
| Financeiros      | 5               | 1          | 1            | 5                |
| Estratégicos     | 9               | 1          | 1            | 5                |
| Outros Critérios | 1               | 1/5        | 1/5          | 1                |

Figura 42 – Matriz comparativa do grupo de critérios (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

A partir daí o passo seguinte foi o de normalizar a matriz de comparações / pesos/ julgamentos/ decisão da figura 42, chegando assim à matriz normalizada para o grupo de critérios, que é a matriz da figura 43.

| Comprometimento  | $1/16 = 0,063$ | 0,083 | 0,048 | 0,083 |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|
| Financeiros      | $5/16 = 0,313$ | 0,417 | 0,433 | 0,417 |
| Estratégicos     | $9/16 = 0,563$ | 0,417 | 0,433 | 0,417 |
| Outros Critérios | $1/16 = 0,063$ | 0,083 | 0,087 | 0,083 |

Figura 43 – Matriz comparativa normalizada do grupo de critérios (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

Nota: A soma dos elementos de cada coluna da matriz normalizada deve dar sempre o valor de 1; no caso de Vargas existe apenas uma pequena diferença para mais, na terceira coluna, cuja soma dá 1,001 , admitindo-se que seja por questões de arredondamentos efetuados.

O passo seguinte foi determinar o vetor de prioridades/vetor de Eigen/auto-vetor principal/vetor médio das linhas, que resulta de calcular para cada linha da matriz normalizada, a média aritmética da soma dos seus elementos. Daí o autor chegou ao vetor de prioridades/vetor de Eigen/auto-vetor principal/vetor médio das linhas que consta na figura 44.

|                  | Vetor de Eigen (Cálculo)               | Vetor Eigen     |
|------------------|--|-----------------|
| Comprometimento  | $[0,063+0,083+0,048+0,083]/4 = 0,0693$ | 0,0693 (6,93%)  |
| Financeiros      | $[0,313+0,417+0,433+0,417]/4 = 0,3946$ | 0,3946 (39,46%) |
| Estratégicos     | $[0,563+0,417+0,433+0,417]/4 = 0,4571$ | 0,4571 (45,71%) |
| Outros Critérios | $[0,063+0,083+0,087+0,083]/4 = 0,0789$ | 0,0789 (7,89%)  |

Figura 44 – Cálculo do vetor de Eigen(Fonte: Vargas, R.V., 2010)

Nota: Aqui, uma vez mais, deram ao pesquisador algumas pequeníssimas diferenças (na terceira/quarta casa decimais, em relação aos valores obtidos pelo autor para os elementos das 2ª, 3ª e 4ª linhas do vetor Eigen. Novamente julga-se tratar-se de pequenos arredondamentos. De referir também que a soma dos elementos do vetor de

prioridades/vetor de Eigen/auto-vetor principal/vetor médio das linhas deve dar sempre 1 (100%). No caso do autor dá 0,9999 que é basicamente a mesma coisa.

Os valores encontrados para o vetor de Eigen têm um significado físico direto no método AHP. Eles determinam/representam a participação, o peso, a importância daquele critério (neste caso conjunto de critérios) no resultado total da meta definida para o problema. Por exemplo, no caso da organização o conjunto de critérios estratégicos pesa/contribui com aqueles 45,71% para a meta global do problema, o que é cerca de 6,6 vezes mais do que a contribuição do grupo do Comprometimento das Partes Interessadas, que pesa/contribui “apenas” com 6,93%.

A seguir Vargas determinou o valor do auto-valor principal/auto-valor principal de Eigen, que é o  $\lambda_{\text{máx}}$  de uma forma diferente daquela que se havia encontrado na maioria do restante material acadêmico pesquisado. Assim, o autor calculou o  $\lambda_{\text{máx}}$  como o somatório do produto de cada elemento do vetor de Eigen pelo valor total da soma dos elementos da correspondente/respectiva coluna (coluna correspondente ao mesmo critério) da matriz comparativa não normalizada de pesos/comparações inicial, o que no caso dava :  $(0,0693 \times 16 + 0,3946 \times 2,40 + 0,4571 \times 2,31 + 0,0789 \times 12) = 4,06$

De posse do valor do  $\lambda_{\text{máx}}$ , Vargas passou para o passo seguinte do método, determinando o índice de consistência da matriz do conjunto de critérios, através da expressão  $IC = ( (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n-1) )$ , o que no caso dá  $IC = (4,06 - 4) / (4-1) = 0,02$ .

A partir daí, e como o nº de ordem da matriz do conjunto de critérios é 4, o que leva a que o índice randômico, IR, seja igual a 0,9, pode ser calculada a taxa de consistência relativa da matriz de comparações/pesos/julgamentos/decisão do conjunto de critérios que virá igual a  $CR = IC / IR = (0,02/0,9) = 2,22\%$ , que é um valor bem abaixo dos 10% limites requeridos. Donde, a matriz de pesos/comparações/julgamentos do conjunto de critérios é perfeitamente consistente, o que significa que os valores admitidos para a importância de cada um dos grupos de critérios foi coerente.

A partir daqui, e igualmente ao que foi feito inicialmente para o conjunto de critérios, torna-se necessário avaliar os pesos/importâncias/prioridades relativas dos critérios de 2º nível da hierarquia, ou seja, os vários sub-critérios incluídos dentro de cada um daqueles 4 grupos de critérios definidos inicialmente.



Figura 45 – Hierarquia de critérios na organização hipotética, com destaque para o segundo nível da hierarquia(Fonte: Vargas, R.V., 2010)

**Importante:** Só que aqui, Vargas decidiu fazer novas comparações par a par mas apenas entre sub-critérios da mesma natureza, ou seja, entre sub-critérios pertencentes ao mesmo grupo. Isso acabou dando origem a 4 novas matrizes de comparações/ julgamentos / pesos /decisão que foram as que constam nas figuras 46, 47, 48 e 49.

| Comprometimento das Partes Interessadas |                         |                                |                                       |
|---|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
|   | Comprometimento do Time | Comprometimento da Organização | Comprometimento do Gerente do Projeto |
| Comprometimento do Time                 | 1                       | 3                              | 1/5                                   |
| Comprometimento da Organização          | 1/3                     | 1                              | 1/9                                   |
| Comprometimento do Gerente do Projeto   | 5                       | 9                              | 1                                     |

Figura 46 – Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo comprometimento das partes interessadas(Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Critérios Financeiros   |                         |              |                        |
|-------------------------|-------------------------|--------------|------------------------|
|                         | Retorno do Investimento | Lucro (US\$) | Valor Presente Líquido |
| Retorno de Investimento | 1                       | 1/5          | 1/5                    |
| Lucro (US\$)            | 5                       | 1            | 1                      |
| Valor Presente Líquido  | 5                       | 1            | 1                      |

Figura 47 – Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo critérios financeiros(Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Critérios Estratégicos           |                                     |                    |           |
|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|
|                                  | Competir em Mercados Internacionais | Processos Internos | Reputação |
| Competir Mercados Internacionais | 1                                   | 7                  | 3         |
| Processos Internos               | 1/7                                 | 1                  | 1/5       |
| Reputação                        | 1/3                                 | 5                  | 1         |

Figura 48 – Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo critérios estratégicos(Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Outros Critérios                 |                                |          |                              |
|----------------------------------|--------------------------------|----------|------------------------------|
|                                  | Reduz Risco para a Organização | Urgência | Conhecimento Técnico Interno |
| Reduz o Risco para a Organização | 1                              | 5        | 1/3                          |
| Urgência                         | 1/5                            | 1        | 1/7                          |
| Conhecimento Técnico Interno     | 3                              | 7        | 1                            |

Figura 49 – Matriz comparativa de sub-critérios – Grupo outros critérios(Fonte: Vargas, R.V., 2010)

A seguir cada uma dessas 4 matrizes deveria ter sido normalizada, o que não é mostrado na publicação em questão, mas o pesquisador fez. E chegou então às seguintes matrizes normalizadas:

| COMPROMETIMENTO DAS PARTES INTERESSADAS - MX. COMPARATIVA NORMALIZADA |                         |                                |                                       |
|---|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
|   | Comprometimento do time | Comprometimento da organização | Comprometimento do Gerente de Projeto |
| Comprometimento do time   | (3/19)                  | (3/13)                         | (9/59)                                |
| Comprometimento da organização  | (1/19)                  | (1/13)                         | (5/59)                                |
| Comprometimento do Gerente de Projeto                                 | (15/19)                 | (9/13)                         | (45/59)                               |

Figura 50 – Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo Comprometimento das partes interessadas(Fonte: o pesquisador, 2017)

| CRITÉRIOS FINANCEIROS - MX. COMPARATIVA NORMALIZADA |                               |              |                        |
|---|-------------------------------|--------------|------------------------|
|   | Retorno do Investimento (ROI) | Lucro (US\$) | Valor Presente Líquido |
| Retorno do Investimento (ROI)                       | (1/11)                        | (1/11)       | (1/11)                 |
| Lucro (US\$)  | (5/11)                        | (5/11)       | (5/11)                 |
| Valor Presente Líquido                              | (5/11)                        | (5/11)       | (5/11)                 |

Figura 51 – Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo Critérios Financeiros(Fonte: o pesquisador, 2017)

| CRITÉRIOS ESTRATÉGICOS - MX. COMPARATIVA NORMALIZADA |                                  |                    |           |
|--|----------------------------------|--------------------|-----------|
|  | Competir Mercados Internacionais | Processos Internos | Reputação |
| Competir Mercados Internacionais                     | (21/31)                          | (7/13)             | (15/21)   |
| Processos Internos                                   | (3/31)                           | (1/13)             | (1/21)    |
| Reputação  | (7/31)                           | (5/13)             | (5/21)    |

Figura 52 – Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo Critérios Estratégicos(Fonte: o pesquisador, 2017)

| OUTROS CRITÉRIOS - MX. COMPARATIVA NORMALIZADA |                                    |          |                              |
|--|------------------------------------|----------|------------------------------|
|  | Reduzir o risco para a organização | Urgência | Conhecimento Técnico interno |
| Reduzir o risco para a organização             | (5/21)                             | (5/13)   | (7/31)                       |
| Urgência                                       | (1/21)                             | (1/13)   | (3/31)                       |
| Conhecimento Técnico interno                   | (15/21)                            | (7/13)   | (21/31)                      |

Figura 53 – Matriz comparativa normalizada de sub-critérios – Grupo Outros Critérios(Fonte: o pesquisador, 2017)

O passo a seguir, então, é o de determinar o vetor Eigen/vetor de prioridades/auto-vetor principal/vetor médio das linhas para cada uma destas últimas 4 matrizes. Esses 4 vetores Eigen/de prioridades assim determinados, permitem-nos calcular o peso/prioridade que cada sub-critério tem, dentro do critério a que pertence. Para isso é só calcular a média aritmética da soma de cada uma das linhas em cada uma das 4 matrizes. Desse modo vêm os 4 vetores de Eigen/vetores de prioridades/vetores de pesos que constam a seguir.

| COMPROMETIMENTO DAS PARTES INTERESSADAS |                              |                  |
|---|------------------------------|------------------|
|   | Cálculo Vetor Eigen          | Vetor Eigen      |
| Comprometimento do time                 | $((3/19)+(3/13)+(9/59))/3$   | 0,1804 (=18,04%) |
| Comprometimento da organização          | $((1/19)+(1/13)+(5/59))/3$   | 0,0714(=7,14%)   |
| Comprometimento do Gerente de Projeto   | $((15/19)+(9/13)+(45/59))/3$ | 0,7482(=74,82%)  |

Figura 54 – Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo Comprometimento das Partes Interessadas(Fonte: o pesquisador, 2017)

Observação: Na publicação, Vargas chegou a valores parecidos embora diferentes. Assim, obteve um valor de 0,1782 para a prioridade do sub-critério Comprometimento do Time, a um valor de 0,0704 para a prioridade do sub-critério Comprometimento da Organização, e a um valor de 0,7514 para a prioridade do sub-critério Comprometimento do Gerente do Projeto.

| CRITÉRIOS FINANCEIROS         |                            |  |
|-------------------------------|----------------------------|--|
|                               | Cálculo Vetor Eigen        | Vetor Eigen                                |
| Retorno do Investimento (ROI) | $((1/11)+(1/11)+(1/11))/3$ | 0,0909 (=9,09%) - vou arredondar para 9,1% |
| Lucro (US\$)                  | $((5/11)+(5/11)+(5/11))/3$ | 0,4545(=45,45%)                            |
| Valor Presente Líquido        | $((5/11)+(5/11)+(5/11))/3$ | 0,4545(=45,45%)                            |

Figura 55 – Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo Critérios Financeiros(Fonte: o pesquisador, 2017)

Observação: Na publicação, Vargas chegou a valores exatamente iguais, neste caso.

| CRITÉRIOS ESTRATÉGICOS           |                              |                  |
|----------------------------------|------------------------------|------------------|
|                                  | Cálculo Vetor Eigen          | Vetor Eigen      |
| Competir Mercados Internacionais | $((21/31)+(7/13)+(15/21))/3$ | 0,6434 (=64,34%) |
| Processos Internos               | $((3/31)+(1/13)+(1/21))/3$   | 0,0738(=7,38%)   |
| Reputação                        | $((7/31)+(5/13)+(5/21))/3$   | 0,2828(=28,28%)  |

Figura 56 – Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo Critérios Estratégicos(Fonte: o pesquisador, 2017)



Observação: Na publicação, Vargas chegou a valores parecidos embora diferentes. Assim, obteve um valor de 0,6491 para a prioridade do sub-critério Competir em Mercados Internacionais, a um valor de 0,2790 para a prioridade do sub-critério Reputação, e a um valor de 0,0719 para a prioridade do sub-critério Melhoria dos Processos Internos.

| OUTROS CRITÉRIOS                   |                              |                  |
|------------------------------------|------------------------------|------------------|
|                                    | Cálculo Vetor Eigen          | Vetor Eigen      |
| Reduzir o risco para a organização | $((5/21)+(5/13)+(7/31))/3$   | 0,2828 (=28,28%) |
| Urgência                           | $((1/21)+(1/13)+(3/31))/3$   | 0,0738(=7,38%)   |
| Conhecimento Técnico Interno       | $((15/21)+(7/13)+(21/31))/3$ | 0,6434(=64,34%)  |

Figura 57 – Vetor Eigen/de prioridades/pesos de cada um dos sub-critérios, dentro do grupo de critérios a que pertence – Grupo Outros Critérios(Fonte: o pesquisador, 2017)

Observação: Na publicação, Vargas chegou a valores parecidos embora ligeiramente diferentes. Assim, obteve um valor de 0,6491 para a prioridade do sub-critério Conhecimento Técnico Interno, a um valor de 0,2790 para a prioridade do sub-critério Reduzir o Risco para a Organização, e a um valor de 0,0719 para a prioridade do sub-critério Urgência.

O passo a seguir é determinar o valor do auto-valor máximo,  $\lambda_{\text{máx}}$  para cada um destes 4 últimos vetores de Eigen/vetores de prioridades, e usando o mesmo processo que Vargas já havia usado anteriormente, o qual como referíamos, é um processo diferente daquele que se encontrou na maioria dos trabalhos acadêmicos revisados/pesquisados.

Assim, voltando a usar o processo de Vargas, em que o  $\lambda_{\text{máx}}$  é determinado através do somatório do produto de cada elemento do vetor de Eigen pelo valor total da soma dos elementos da correspondente/respectiva coluna (coluna correspondente ao mesmo sub-critério) da matriz comparativa não normalizada de pesos/comparações de subcritérios pertencentes ao mesmo grupo, chega-se aos seguintes valores:

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ (compromet partes interessadas)} = 0,1804 \times (19/3) + 0,0714 \times 13 + 0,7482 \times (59/45) = 3,0517$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ (critérios financeiros)} = 0,0909 \times 11 + 0,4545 \times (11/5) + 0,4545 \times (11/5) = 2,9997 \text{ (arredondamos para 3)}$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ (critérios estratégicos)} = 0,6434 \times (31/21) + 0,0738 \times 13 + 0,2828 \times (21/5) = 3,0969$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ (outros critérios)} = 0,2828 \times (21/5) + 0,0738 \times 13 + 0,6434 \times (31/21) = 3,0969$$

A seguir, com estes valores dos  $\lambda_{\text{máx}}$  e tendo em consideração que também se sabe o número de ordem das matrizes (neste caso  $n=3$  pois cada uma das quatro matrizes compara par a par dois dentre 3 subcritérios), pode-se calcular os correspondentes 4 valores para o índice de inconsistência,  $IC = ( (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n-1) )$ .

Assim,  $IC_{\text{comprometimento partes interessadas}} \text{ vem} = (3,0517-3)/(3-1) = 0,02585$

$IC_{\text{critérios financeiros}} \text{ vem} = (3-3)/(3-1) = 0$

$IC_{\text{critérios estratégicos}} \text{ vem} = (3,0969-3)/(3-1) = 0,04845$

$IC_{\text{outros critérios}} \text{ vem} = (3,0969-3)/(3-1) = 0,04845$

De posse dos valores dos IC para essas 4 matrizes de comparações par a par entre os sub-critérios de um determinado critério, pode-se calcular, considerando que o valor do índice randômico, IR, para matrizes de ordem 3 é de 0,58, os correspondentes valores das taxas de inconsistência relativa, CR, as quais deverão cumprir o critério de serem inferiores ou iguais a 10%.

$CR_{\text{comprometimento das partes interessadas}} = IC/IR = 0,02585/0,58 = 0,0446 (4,46\% \leq 10\% - \text{OK!})$

$CR_{\text{critérios financeiros}} = IC / IR = 0/0,58 = 0 (0\% \leq 10\% - \text{OK!})$

$CR_{\text{critérios estratégicos}} = IC / IR = 0,04845/0,58 = 0,0835 (8,35\% \leq 10\% - \text{OK!})$

$CR_{\text{outros critérios}} = IC / IR = 0,04845/0,58 = 0,0835 (8,35\% \leq 10\% - \text{OK!})$

**Conclusão:** Conclui-se que as 4 matrizes de comparações par a par entre sub-critérios pertencentes ao mesmo critério são todas elas consistentes, pelo que os valores dos pesos admitidos na construção dessas matrizes se revelou coerente.

Neste momento esá-se já em condições de avaliar qual a prioridade/o grau de importância/a contribuição que cada um dos **sub-critérios** tem para o alcance da meta global estabelecida para o problema. Para isso bastará multiplicar o valor da prioridade / importância / contribuição do grupo de critérios a que pertence pela contribuição/prioridade/importância do próprio sub-critério.

**Nota:** Neste cálculo, entrar-se-à com os valores de prioridade, importância, contribuição, de cada um dos grupos de critérios que Vargas obteve através da ferramenta Expert Choice 11.5 For Windows, disponível em [www.expertchoice.com](http://www.expertchoice.com) em vez dos valores calculados pelo pesquisador. As diferenças no entanto não são significativas. Assim, enquanto Vargas obteve como valor do elemento do vetor de Eigen correspondente ao conjunto de critérios de comprometimento de 6,84%, o pesquisador chegou em 6,93%; enquanto Vargas obteve como valor do elemento do vetor de Eigen correspondente ao conjunto de critérios financeiros de 39,27%, o pesquisador obteve 39,46%, enquanto Vargas obteve como valor do elemento do vetor de Eigen correspondente ao conjunto de critérios estratégicos de 46,04%, o pesquisador chegou em 45,71%, e finalmente enquanto Vargas obteve como valor do elemento do vetor de Eigen correspondente ao conjunto de “outros critérios” de 7,85%, o pesquisador chegou a um valor de 7,89%.

Retomando então o raciocínio para o cálculo das prioridades/importância/contribuição dos vários subcritérios para a meta global do problema temos:

Subcritérios pertencentes ao Critério “Comprometimento das partes interessadas”:

Prioridade do **Critério “Comprometimento das partes interessadas”** para a meta global = 6,84% (0,0684)

- Prioridade/importância/contribuição do sub-critério “comprometimento do time” dentro do critério “comprometimento das partes interessadas”= 18,04% (0,1804); então, a prioridade/importância/contribuição do sub-critério “comprometimento do time” para a meta global do problema será:  $0,0684 \times 0,1804 = 0,0123$  (1,23%)

- Por raciocínio idêntico a prioridade / importância / contribuição do sub-critério “comprometimento da organização” para a meta global do problema será:  $0,0684 \times 0,0714 = 0,0049$  (0,49%)

- E semelhantemente a prioridade / importância / contribuição do sub-critério “comprometimento do gerente de projeto” para a meta global do problema será:  $0,0684 \times 0,7482 = 0,0512$  (5,12%).

Do mesmo modo para os sub-critérios pertencentes aos outros critérios pode-se fazer:

Subcritérios pertencentes ao Critério “Critérios financeiros”:

Prioridade do **Critério “Critérios financeiros”** para a meta global = 39,27% (0,3927)

- Prioridade/importância/contribuição do sub-critério “retorno do investimento” dentro do critério “critérios financeiros”= 9,09% (0,0909); então, a prioridade /importância / contribuição do sub-critério “retorno do investimento” para a meta global do problema será:  $0,3927 \times 0,0909 = 0,0357$  (3,57%)

- Prioridade / importância / contribuição do sub-critério “lucro” para a meta global do problema será:  $0,3927 \times 0,4545 = 0,1785$  (17,85%)

- E, a prioridade/importância/contribuição do sub-critério “valor presente líquido” para a meta global do problema será:  $0,3927 \times 0,4545 = 0,1785$  (17,85%).

Subcritérios pertencentes ao Critério “Critérios estratégicos”:

Prioridade do **Critério “Critérios estratégicos”** para a meta global = 46,04% (0,4604)

- Prioridade / importância / contribuição do sub-critério “melhoria para competir em mercados internacionais” dentro do critério “critérios estratégicos”= 64,34% (0,6434); então, a prioridade / importância / contribuição do sub-critério “melhoria para competir em mercados internacionais” para a meta global do problema será:  $0,4604 \times 0,6434 = 0,2962$  (29,62%)

- Prioridade/importância/contribuição do sub-critério “processos internos” para a meta global do problema será:  $0,4604 \times 0,0738 = 0,0340$  (3,40%)

- E, a prioridade/importância/contribuição do sub-critério “melhoria da reputação” para a meta global do problema será:  $0,4604 \times 0,2828 = 0,1302$  (13,02%).

Subcritérios pertencentes ao Critério “Critérios estratégicos”:

Prioridade do **Critério “Outros critérios”** para a meta global = 7,85% (0,0785)

- Prioridade/importância/contribuição do sub-critério “reduzir risco para a organização” dentro do critério “outros critérios”= 28,28% (0,2828); então, a prioridade / importância / contribuição do sub-critério “reduzir risco para a organização” para a meta global do problema será:  $0,0785 \times 0,2828 = 0,0222$  (2,22%)

- Prioridade/importância/contribuição do sub-critério “urgência” para a meta global do problema será:  $0,0785 \times 0,0738 = 0,0058$  (0,58%)

- E, a prioridade/importância/contribuição do sub-critério “conhecimento técnico interno” para a meta global do problema será:  $0,0785 \times 0,6434 = 0,0505$  (5,05%).

**Importante:** Pode-se observar que a soma dos pesos dos 12 sub-critérios para o atingir da meta global de problema totaliza 1 (100%);  $(0,0123 + 0,0049 + 0,0512 + 0,0357 + 0,1785 + 0,1785 + 0,2962 + 0,0340 + 0,1302 + 0,0222 + 0,0058 + 0,0505) = 1$ )

Chegando a esta fase do método AHP, em que já se passou pelo nível dos critérios, determinando as respectivas prioridades/contribuições para a meta global do problema, e depois se desceu um nível passando para o nível dos sub-critérios, determinando também a sua contribuição/prioridade para a meta global do problema, pode-se então passar para o nível imediatamente inferior que é o nível das alternativas, ou seja, dos próprios projetos que estarão sendo avaliados para se tentar saber qual o mais prioritário a ser implementado.

No caso têm-se seis projetos passíveis de serem implementados, que são: 1 – Abertura de um novo escritório (sede) para a empresa; 2 – Implementação de um sistema ERP na empresa; 3 – Abertura de um escritório na China; 4 – Implementação de um novo produto no mercado internacional; 5 – Terceirização dos serviços de TI da empresa; 6 – Criação de uma nova campanha de marketing global.

De novo vão ter que começar por ser feitas comparações par a par entre cada combinação de duas destas alternativas/projetos, **segundo a perspectiva/para cada um dos sub-critérios existentes.**

Isso significa que se irá ter 12 matrizes de comparações/julgamentos (são 12 sub-critérios), cada uma delas de ordem 6 (temos 6 alternativas/projetos a serem comparados uns com os outros.

Assim, Vargas, R.V. (2010), atribuindo os pesos/julgamentos que achou indicados, chegou às 12 matrizes de comparações que constam nas 12 figuras a seguir.

| Comprometimento do Time |                 |             |                     |                       |                  |                 |
|-------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
|                         | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internacional | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório         | 1               | 5           | 3                   | 1/3                   | 9                | 7               |
| Sistema ERP             | 1/5             | 1           | 1/5                 | 1/7                   | 1                | 1/3             |
| Escritório na China     | 1/3             | 5           | 1                   | 1/3                   | 7                | 3               |
| Produto Internacional   | 3               | 7           | 3                   | 1                     | 5                | 5               |
| Terceirização TI        | 1/9             | 1           | 1/7                 | 1/5                   | 1                | 1/3             |
| Marketing Local         | 1/7             | 3           | 1/3                 | 1/5                   | 3                | 1               |

Figura 58 – Matriz comparativa dos projetos no critério Comprometimento do Time (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Comprometimento da Organização |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|--------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                                | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório                | 1               | 3           | 1/9                 | 1/5               | 5                | 3               |
| Sistema ERP                    | 1/3             | 1           | 1/9                 | 1/7               | 1                | 1/3             |
| Escritório na China            | 9               | 9           | 1                   | 3                 | 7                | 7               |
| Produto Intern.                | 5               | 7           | 1/3                 | 1                 | 9                | 7               |
| Terceirização TI               | 1/5             | 1           | 1/7                 | 1/9               | 1                | 1/3             |
| Marketing Local                | 1/3             | 3           | 1/7                 | 1/7               | 3                | 1               |

Figura 59 – Matriz comparativa dos projetos no critério Comprometimento da Organização (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Comprometimento do Gerente do Projeto |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                                       | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório                       | 1               | 7           | 1/3                 | 1/3               | 5                | 3               |
| Sistema ERP                           | 1/7             | 1           | 1/9                 | 1/7               | 3                | 1/3             |
| Escritório na China                   | 3               | 9           | 1                   | 1                 | 7                | 7               |
| Produto Intern.                       | 3               | 7           | 1                   | 1                 | 7                | 9               |
| Terceirização TI                      | 1/5             | 1/3         | 1/7                 | 1/7               | 1                | 1/5             |
| Marketing Local                       | 1/3             | 3           | 1/7                 | 1/9               | 5                | 1               |

Figura 60 – Matriz comparativa dos projetos no critério Comprometimento do Gerente de Projeto (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Retorno do Investimento |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|-------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                         | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório         | 1               | 1/3         | 1/7                 | 1/9               | 1/3              | 1/3             |
| Sistema ERP             | 3               | 1           | 1/9                 | 1/9               | 1/3              | 1/3             |
| Escritório na China     | 7               | 9           | 1                   | 1/3               | 7                | 5               |
| Produto Intern.         | 9               | 9           | 3                   | 1                 | 7                | 5               |
| Terceirização TI        | 3               | 3           | 1/7                 | 1/7               | 1                | 1/3             |
| Marketing Local         | 3               | 3           | 1/5                 | 1/5               | 3                | 1               |

Figura 61 – Matriz comparativa dos projetos no critério Retorno do Investimento (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Lucro (US\$)        |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|---------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                     | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório     | 1               | 1           | 1/7                 | 1/9               | 1/5              | 1/3             |
| Sistema ERP         | 1               | 1           | 1/7                 | 1/9               | 1/3              | 1/5             |
| Escritório na China | 7               | 7           | 1                   | 1/3               | 7                | 5               |
| Produto Intern.     | 9               | 9           | 3                   | 1                 | 9                | 5               |
| Terceirização TI    | 5               | 3           | 1/7                 | 1/9               | 1                | 1/3             |
| Marketing Local     | 3               | 5           | 1/5                 | 1/5               | 3                | 1               |

Figura 62 – Matriz comparativa dos projetos no critério Lucro (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Valor Presente Líquido |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                        | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório        | 1               | 1/3         | 1/5                 | 1/7               | 1/3              | 1/3             |
| Sistema ERP            | 3               | 1           | 1/5                 | 1/7               | 1                | 1/3             |
| Escritório na China    | 5               | 5           | 1                   | 1/3               | 5                | 3               |
| Produto Intern.        | 7               | 7           | 3                   | 1                 | 5                | 7               |
| Terceirização TI       | 3               | 1           | 1/5                 | 1/5               | 1                | 1/3             |
| Marketing Local        | 3               | 3           | 1/3                 | 1/7               | 3                | 1               |

Figura 63 – Matriz comparativa dos projetos no critério Valor Presente Líquido (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Melhoria na Habilidade de Competir em Mercados Internacionais |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|   | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório   | 1               | 3           | 1/9                 | 1/7               | 5                | 5               |
| Sistema ERP   | 1/3             | 1           | 1/9                 | 1/9               | 1/3              | 3               |
| Escritório na China   | 9               | 9           | 1                   | 1                 | 9                | 9               |
| Produto Intern.   | 7               | 9           | 1                   | 1                 | 9                | 9               |
| Terceirização TI  | 1/5             | 3           | 1/9                 | 1/9               | 1                | 3               |
| Marketing Local   | 1/5             | 1/3         | 1/9                 | 1/9               | 1/3              | 1               |

Figura 64 – Matriz comparativa dos projetos no critério Habilidade para Competir em Mercados Internacionais (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Melhoria de Processos Internos |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|--------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                                | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório                | 1               | 1/5         | 3                   | 5                 | 1                | 7               |
| Sistema ERP                    | 5               | 1           | 7                   | 7                 | 1                | 7               |
| Escritório na China            | 1/3             | 1/7         | 1                   | 1                 | 1/7              | 1               |
| Produto Intern.                | 1/5             | 1/7         | 1                   | 1                 | 1/7              | 1/3             |
| Terceirização TI               | 1               | 1           | 7                   | 7                 | 1                | 7               |
| Marketing Local                | 1/7             | 1/7         | 1                   | 3                 | 1/7              | 1               |

Figura 65 – Matriz comparativa dos projetos no critério Melhoria de Processos Internos (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Melhoria da Reputação |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|-----------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                       | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório       | 1               | 1/3         | 1/7                 | 1/5               | 3                | 1/7             |
| Sistema ERP           | 3               | 1           | 1/9                 | 1/5               | 5                | 1/7             |
| Escritório na China   | 7               | 9           | 1                   | 3                 | 7                | 1               |
| Produto Intern.       | 5               | 5           | 1/3                 | 1                 | 7                | 1/3             |
| Terceirização TI      | 1/3             | 1/5         | 1/7                 | 1/7               | 1                | 1/9             |
| Marketing Local       | 7               | 7           | 1                   | 3                 | 9                | 1               |

Figura 66 – Matriz comparativa dos projetos no critério Melhoria da Reputação (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Redução dos Riscos (Ameaças) para a Organização |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|   | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório                                 | 1               | 5           | 7                   | 3                 | 5                | 1               |
| Sistema ERP                                     | 1/5             | 1           | 5                   | 3                 | 3                | 1/7             |
| Escritório na China                             | 1/7             | 1/5         | 1                   | 1/3               | 1/3              | 1/9             |
| Produto Intern.                                 | 1/3             | 1/3         | 3                   | 1                 | 5                | 1/7             |
| Terceirização TI                                | 1/5             | 1/3         | 3                   | 1/5               | 1                | 1/9             |
| Marketing Local                                 | 1               | 7           | 9                   | 7                 | 9                | 1               |

Figura 67 – Matriz comparativa dos projetos no critério Redução dos Riscos (Ameaças) para a Organização (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

| Urgência            |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|---------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                     | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório     | 1               | 1/3         | 1/5                 | 1/7               | 3                | 1               |
| Sistema ERP         | 3               | 1           | 1/7                 | 1/9               | 3                | 3               |
| Escritório na China | 5               | 7           | 1                   | 1/3               | 5                | 7               |
| Produto Intern.     | 7               | 9           | 3                   | 1                 | 7                | 7               |
| Terceirização TI    | 1/3             | 1/3         | 1/5                 | 1/7               | 1                | 1/3             |
| Marketing Local     | 1               | 1/3         | 1/7                 | 1/7               | 3                | 1               |

Figura 68 – Matriz comparativa dos projetos no critério Urgência (Fonte: Vargas, R.V., 2010)



| Conhecimento Técnico Interno |                 |             |                     |                   |                  |                 |
|------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|                              | Novo Escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Internac. | Terceirização TI | Marketing Local |
| Novo Escritório              | 1               | 9           | 9                   | 9                 | 9                | 3               |
| Sistema ERP                  | 1/9             | 1           | 1/3                 | 1/3               | 1/5              | 1/9             |
| Escritório na China          | 1/9             | 3           | 1                   | 3                 | 1                | 1/9             |
| Produto Intern.              | 1/9             | 3           | 1/3                 | 1                 | 1/3              | 1/9             |
| Terceirização TI             | 1/9             | 5           | 1                   | 3                 | 1                | 1/9             |
| Marketing Local              | 1/3             | 9           | 9                   | 9                 | 9                | 1               |

Figura 69 – Matriz comparativa dos projetos no critério Conhecimento Técnico Interno (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

O passo a seguir, no método de Saaty, é o de normalizar cada uma destas 12 matrizes de comparações/julgamentos/decisão. Vargas, R.V. (2010) não apresenta o resultado dessas normalizações, mas o pesquisador por uma questão de habituação ao método fê-lo. O resultado são as 12 matrizes normalizadas que se apresentam a seguir.

| Comprometimento do Time - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|--|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|  | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório                              | (945/4524)      | (5/22)      | (315/806)           | (35/232)                      | (9/26)           | (21/50)              |
| Sistema ERP                                  | (189/4524)      | (1/22)      | (21/806)            | (15/232)                      | (1/26)           | (1/50)               |
| Escritório na China                          | (315/4524)      | (5/22)      | (105/806)           | (35/232)                      | (7/26)           | (9/50)               |
| Produto Mercado Internacional                | (2835/4524)     | (7/22)      | (315/806)           | (105/232)                     | (5/26)           | (15/50)              |
| Terceirização TI                             | (105/4524)      | (1/22)      | (15/806)            | (21/232)                      | (1/26)           | (1/50)               |
| Novo Marketing Local                         | (135/4524)      | (3/22)      | (35/806)            | (21/232)                      | (3/26)           | (3/50)               |

Figura 70 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Comprometimento do Time (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Comprometimento da Organização - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|   | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório                                     | (15/238)        | (3/24)      | (21/348)            | (63/1448)                     | (5/26)           | (9/56)               |
| Sistema ERP   | (5/238)         | (1/24)      | (21/348)            | (45/1448)                     | (1/26)           | (1/56)               |
| Escritório na China                                 | (135/238)       | (9/24)      | (189/348)           | (945/1448)                    | (7/26)           | (21/56)              |
| Produto Mercado Internacional                       | (75/238)        | (7/24)      | (63/348)            | (315/1448)                    | (9/26)           | (21/56)              |
| Terceirização TI                                    | (3/238)         | (1/24)      | (27/348)            | (35/1448)                     | (1/26)           | (1/56)               |
| Novo Marketing Local                                | (5/238)         | (3/24)      | (27/348)            | (45/1448)                     | (3/26)           | (3/56)               |

Figura 71 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Comprometimento da Organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Comprometimento do Gerente de Projeto - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|--|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|  | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório  | (105/806)       | (21/82)     | (21/172)            | (21/172)                      | (5/28)           | (45/308)             |
| Sistema ERP  | (15/806)        | (3/82)      | (7/172)             | (9/172)                       | (3/28)           | (5/308)              |
| Escritório na China  | (315/806)       | (27/82)     | (63/172)            | (63/172)                      | (7/28)           | (105/308)            |
| Produto Mercado Internacional                              | (315/806)       | (21/82)     | (63/172)            | (63/172)                      | (7/28)           | (135/308)            |
| Terceirização TI   | (21/806)        | (1/82)      | (9/172)             | (9/172)                       | (1/28)           | (3/308)              |
| Novo Marketing Local                                       | (35/806)        | (9/82)      | (9/172)             | (7/172)                       | (5/28)           | (15/308)             |

Figura 72 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Comprometimento do Gerente de Projeto (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Retorno do Investimento - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|--|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|  | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório                              | (1/26)          | (1/76)      | (45/1448)           | (35/598)                      | (1/56)           | (1/36)               |
| Sistema ERP                                  | (3/26)          | (3/76)      | (35/1448)           | (35/598)                      | (1/56)           | (1/36)               |
| Escritório na China                          | (7/26)          | (27/76)     | (315/1448)          | (105/598)                     | (21/56)          | (5/12)               |
| Produto Mercado Internacional                | (9/26)          | (27/76)     | (945/1448)          | (315/598)                     | (21/56)          | (5/12)               |
| Terceirização TI                             | (3/26)          | (9/76)      | (45/1448)           | (45/598)                      | (3/56)           | (1/36)               |
| Novo Marketing Local                         | (3/26)          | (9/76)      | (63/1448)           | (63/598)                      | (9/56)           | (1/12)               |

Figura 73 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Retorno do Investimento (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Lucro - Matriz Normalizada    |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|-------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|                               | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório               | (1/26)          | (1/26)      | (5/162)             | (15/252)                      | (3/308)          | (5/178)              |
| Sistema ERP                   | (1/26)          | (1/26)      | (5/162)             | (15/252)                      | (5/308)          | (3/178)              |
| Escritório na China           | (7/26)          | (7/26)      | (35/162)            | (45/252)                      | (105/308)        | (75/178)             |
| Produto Mercado Internacional | (9/26)          | (9/26)      | (105/162)           | (135/252)                     | (135/308)        | (75/178)             |
| Terceirização TI              | (5/26)          | (3/26)      | (5/162)             | (15/252)                      | (15/308)         | (5/178)              |
| Novo Marketing Local          | (3/26)          | (5/26)      | (7/162)             | (27/252)                      | (45/308)         | (15/178)             |

Figura 74 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Lucro (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Valor Presente Líquido - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|   | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório                             | (1/22)          | (1/52)      | (3/74)              | (105/1442)                    | (1/46)           | (1/36)               |
| Sistema ERP                                 | (3/22)          | (3/52)      | (3/74)              | (105/1442)                    | (3/46)           | (1/36)               |
| Escritório na China                         | (5/22)          | (15/52)     | (15/74)             | (35/206)                      | (15/46)          | (9/36)               |
| Produto Mercado Internacional               | (7/22)          | (21/52)     | (45/74)             | (105/206)                     | (15/46)          | (21/36)              |
| Terceirização TI                            | (3/22)          | (3/52)      | (3/74)              | (21/206)                      | (3/46)           | (1/36)               |
| Novo Marketing Local                        | (3/22)          | (9/52)      | (5/74)              | (105/1442)                    | (9/46)           | (3/36)               |

Figura 75 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Valor Presente Líquido (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Melhoria da Habilidade em Competir em Mercados Internacionais - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|--|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|  | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório  | (15/266)        | (9/76)      | (1/22)              | (9/156)                       | (15/74)          | (5/30)               |
| Sistema ERP  | (5/266)         | (3/76)      | (1/22)              | (7/156)                       | (1/74)           | (3/30)               |
| Escritório na China  | (135/266)       | (27/76)     | (9/22)              | (63/156)                      | (27/74)          | (9/30)               |
| Produto Mercado Internacional  | (105/266)       | (27/76)     | (9/22)              | (63/156)                      | (27/74)          | (9/30)               |
| Terceirização TI   | (3/266)         | (9/76)      | (1/22)              | (7/156)                       | (3/74)           | (3/30)               |
| Novo Marketing Local   | (3/266)         | (1/76)      | (1/22)              | (7/156)                       | (1/74)           | (1/30)               |

Figura 76 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Habilidade em Competir em Mercados Internacionais (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Melhoria de Processos Internos - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|   | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório                                     | (105/806)       | (7/92)      | (3/20)              | (5/24)                        | (7/24)           | (21/70)              |
| Sistema ERP   | (525/806)       | (35/92)     | (7/20)              | (7/24)                        | (7/24)           | (21/70)              |
| Escritório na China                                 | (35/806)        | (5/92)      | (1/20)              | (1/24)                        | (1/24)           | (3/70)               |
| Produto Mercado Internacional                       | (21/806)        | (5/92)      | (1/20)              | (1/24)                        | (1/24)           | (1/70)               |
| Terceirização TI                                    | (105/806)       | (35/92)     | (7/20)              | (7/24)                        | (7/24)           | (21/70)              |
| Novo Marketing Local                                | (15/806)        | (5/92)      | (1/20)              | (3/24)                        | (1/24)           | (3/70)               |

Figura 77 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Melhoria dos Processos Internos (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Melhoria da Reputação - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|--|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|  | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório                            | (3/70)          | (5/338)     | (9/172)             | (7/264)                       | (3/32)           | (9/172)              |
| Sistema ERP                                | (9/70)          | (15/338)    | (7/172)             | (7/264)                       | (5/32)           | (9/172)              |
| Escritório na China                        | (21/70)         | (135/338)   | (63/172)            | (105/264)                     | (7/32)           | (63/172)             |
| Produto Mercado Internacional              | (15/70)         | (75/338)    | (21/172)            | (35/264)                      | (7/32)           | (21/172)             |
| Terceirização TI                           | (1/70)          | (3/338)     | (9/172)             | (5/264)                       | (1/32)           | (7/172)              |
| Novo Marketing Local                       | (21/70)         | (105/338)   | (63/172)            | (105/264)                     | (9/32)           | (63/172)             |

Figura 78 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Melhoria da Reputação (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|   | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório   | (105/302)       | (75/208)    | (7/28)              | (45/218)                      | (15/70)          | (63/158)             |
| Sistema ERP   | (21/302)        | (15/208)    | (5/28)              | (45/218)                      | (9/70)           | (9/158)              |
| Escritório na China   | (15/302)        | (3/208)     | (1/28)              | (5/218)                       | (1/70)           | (7/158)              |
| Produto Mercado Internacional                                       | (35/302)        | (5/208)     | (3/28)              | (15/218)                      | (15/70)          | (9/158)              |
| Terceirização TI  | (21/302)        | (5/208)     | (3/28)              | (3/218)                       | (3/70)           | (7/158)              |
| Novo Marketing Local  | (105/302)       | (105/208)   | (9/28)              | (105/218)                     | (27/70)          | (63/158)             |

Figura 79 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Urgência - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|-------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|                               | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório               | (3/52)          | (1/54)      | (7/164)             | (9/118)                       | (3/22)           | (3/58)               |
| Sistema ERP                   | (9/52)          | (1/18)      | (5/164)             | (7/118)                       | (3/22)           | (9/58)               |
| Escritório na China           | (15/52)         | (7/18)      | (35/164)            | (21/118)                      | (5/22)           | (21/58)              |
| Produto Mercado Internacional | (21/52)         | (9/18)      | (105/164)           | (63/118)                      | (7/22)           | (21/58)              |
| Terceirização TI              | (1/52)          | (1/54)      | (7/164)             | (9/118)                       | (1/22)           | (1/58)               |
| Novo Marketing Local          | (3/52)          | (1/54)      | (5/164)             | (9/118)                       | (3/22)           | (3/58)               |

Figura 80 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Urgência (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Conhecimento Técnico Interno - Matriz Normalizada |                 |             |                     |                               |                  |                      |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|   | Novo escritório | Sistema ERP | Escritório na China | Produto Mercado Internacional | Terceirização TI | Novo Marketing Local |
| Novo escritório                                   | (9/16)          | (9/30)      | (27/62)             | (27/76)                       | (135/308)        | (27/40)              |
| Sistema ERP                                       | (1/16)          | (1/30)      | (1/62)              | (1/76)                        | (3/308)          | (1/40)               |
| Escritório na China                               | (1/16)          | (3/30)      | (3/62)              | (9/76)                        | (15/308)         | (1/40)               |
| Produto Mercado Internacional                     | (1/16)          | (3/30)      | (1/62)              | (3/76)                        | (5/308)          | (1/40)               |
| Terceirização TI                                  | (1/16)          | (5/30)      | (3/62)              | (9/76)                        | (15/308)         | (1/40)               |
| Novo Marketing Local                              | (3/16)          | (9/30)      | (27/62)             | (27/76)                       | (135/308)        | (9/40)               |

Figura 81 – Matriz comparativa normalizada dos projetos no critério Conhecimento técnico interno (Fonte: o pesquisador, 2017)

O próximo passo do método AHP nesta fase será então calcular o vetor de prioridades/vetor Eigen/auto-vetor principal/vetor médio das linhas para cada um dos seis projetos considerados, segundo cada um daqueles 12 subcritérios (para cada uma das 12 matrizes apresentadas, portanto). Os elementos desses vetores prioridades resultam de calcular simplesmente as médias aritméticas de cada uma das correspondentes linhas das matrizes normalizadas.

Segundo os cálculos efetuados pelo pesquisador esses 12 vetores de prioridades, um por cada sub-critério, vêm iguais a:

| Comprometimento do Time            |                 |
|------------------------------------|-----------------|
|                                    | Vetor Eigen     |
| Novo Escritório                    | 0,290666        |
| Sistema ERP                        | 0,039401        |
| Escritório na China                | 0,171211        |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,380092        |
| Terceirização de TI                | 0,039376        |
| Noca Campanha Marketing Local      | 0,079255        |
| <b>Soma</b>                        | <b>1,000001</b> |

Figura 82 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Comprometimento do Time (Fonte: o pesquisador, 2017)

Aqui, de referir uma vez mais que houve pequenas diferenças de resultados entre aqueles que foram obtidos por Vargas, R.V. (2010) e o pesquisador. Dessa forma, enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,2968 (29,68%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,2907 (29,07%); enquanto Vargas, R.V. (2010) chegou a uma prioridade de 3,78% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,94%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 16,13% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 17,12%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 39,61% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 38,01%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 3,58% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador

chegou a uma prioridade de 3,94%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 7,21% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 7,93%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Comprometimento do Time**. Admite-se, por hipótese, que essas pequenas diferenças resultem do fato de Vargas ter usado a ferramenta “Expert Choice”, nos cálculos, enquanto que o pesquisador fez os cálculos “manualmente” (excel).

Para o sub-critério Comprometimento da Organização, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Comprometimento da Organização     |             |
|------------------------------------|-------------|
|                                    | Vetor Eigen |
| Novo Escritório                    | 0,107483    |
| Sistema ERP                        | 0,035069    |
| Escritório na China                | 0,463698    |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,287754    |
| Terceirização de TI                | 0,035391    |
| Nova Campanha Marketing Local      | 0,070605    |
| <b>Soma</b>                        | <b>1</b>    |

Figura 83 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Comprometimento da Organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

Uma vez mais que houve pequenas diferenças de resultados entre os que foram obtidos por Vargas, R.V. (2010) e os do pesquisador. Dessa forma, enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,0993 (9,93%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,1075 (10,75%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 3,26% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,51%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 48,75% para o projeto Abertura de Escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 46,37%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 28,84% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 28,78%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 3,15% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,54%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 6,08% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 7,06%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Comprometimento da Organização**. Admite-se, de novo e por hipótese, que essas pequenas diferenças resultem do fato de Vargas ter usado a ferramenta “Expert Choice”, nos cálculos, enquanto que o pesquisador fez os cálculos “manualmente” (excel).

Para o sub-critério Comprometimento do Gerente de Projeto, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Comprometimento do Gerente do Projeto |             |
|---------------------------------------|-------------|
|                                       | Vetor Eigen |
| Novo Escritório                       | 0,159205    |
| Sistema ERP                           | 0,045266    |
| Escritório na China                   | 0,340592    |
| Novo Produto Mercado Internacional    | 0,344631    |
| Terceirização de TI                   | 0,031393    |
| Noca Campanha Marketing Local         | 0,078913    |
| <b>Soma</b>                           | <b>1</b>    |

Figura 84 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Comprometimento do Gerente de Projeto(Fonte: o pesquisador, 2017)

De novo, pequenas diferenças de resultados entre os de Vargas, R.V. (2010) e os do pesquisador. Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,1586 (15,86%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,1592 (15,92%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 4,02% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 4,53%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 34,44% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 34,06%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 35,46% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 34,46%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 2,88% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,14%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 7,33% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 7,89%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Comprometimento do Gerente de Projeto**. Admite-se, por hipótese, que novamente essas pequenas diferenças resultem do fato de Vargas ter usado a ferramenta “Expert Choice”, nos cálculos, enquanto o pesquisador calculou por planilha de excel.

Para o sub-critério Retorno do Investimento, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Retorno do Investimento            |             |
|------------------------------------|-------------|
|                                    | Vetor Eigen |
| Novo Escritório                    | 0,031143    |
| Sistema ERP                        | 0,047199    |
| Escritório na China                | 0,301548    |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,445411    |
| Terceirização de TI                | 0,070247    |
| Noca Campanha Marketing Local      | 0,104452    |
| <b>Soma</b>                        | <b>1</b>    |

Figura 85 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Retorno do Investimento(Fonte: o pesquisador, 2017)

Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,0296 (2,96%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,0311 (3,11%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 4,15% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 4,72%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 30,66%



para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 30,15%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 45,64% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 44,54%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 6,45% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 7,02%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 10,14% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 10,44%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Retorno do Investimento**. Novamente, essas pequenas diferenças podem resultar do fato de Vargas ter usado a ferramenta “Expert Choice”, nos cálculos, enquanto o pesquisador ter feito os cálculos por excel.

Para o sub-critério Lucro, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Lucro                              |             |
|------------------------------------|-------------|
|                                    | Vetor Eigen |
| Novo Escritório                    | 0,03419     |
| Sistema ERP                        | 0,0334      |
| Escritório na China                | 0,282557    |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,455972    |
| Terceirização de TI                | 0,079145    |
| Noca Campanha Marketing Local      | 0,114736    |
| <b>Soma</b>                        | <b>1</b>    |

Figura 86 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Lucro (Fonte: o pesquisador, 2017)

Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,0315 (3,15%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,0342 (3,42%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 3,07% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,34%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 29,17% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 28,26%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 46,85% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 45,60%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 6,85% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 7,91%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 10,92% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 11,47%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Lucro**. Admite-se a mesma justificativa.

Para o sub-critério Valor Presente Líquido, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Valor Presente Líquido             |             |
|------------------------------------|-------------|
|                                    | Vetor Eigen |
| Novo Escritório                    | 0,037926    |
| Sistema ERP                        | 0,066735    |
| Escritório na China                | 0,244071    |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,458211    |
| Terceirização de TI                | 0,071589    |
| Noca Campanha Marketing Local      | 0,121468    |
| <b>Soma</b>                        | <b>1</b>    |

Figura 87 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Valor Presente Líquido (Fonte: o pesquisador, 2017)

Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,0366 (3,66%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,0379 (3,79%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 6,11% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 6,67%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 24,49% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 24,41%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 47,43% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 45,82%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 6,53% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 7,16%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 11,78% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 12,15%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Valor Presente Líquido**. Admite-se a mesma justificção para essas diferenças.

Para o sub-critério Melhoria na Habilidade de Competir em Mercados Internacionais, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Melhoria Habilidade de Competir Mercados Internacionais |             |
|---|-------------|
|   | Vetor Eigen |
| Novo Escritório   | 0,107889    |
| Sistema ERP   | 0,043685    |
| Escritório na China                                     | 0,390097    |
| Novo Produto Mercado Internacional                      | 0,3713      |
| Terceirização de TI                                     | 0,060094    |
| Noca Campanha Marketing Local                           | 0,026935    |
| <b>Soma</b>   | <b>1</b>    |

Figura 88 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Melhoria na Habilidade de Competir em Mercados Internacionais (Fonte: o pesquisador, 2017)

Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,1033 (10,33%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,1079 (10,79%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 3,71% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 4,37%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 40,76% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de



39,01%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 37,67% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 37,13%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 5,12% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 6,01%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 2,41% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 2,69%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Melhoria na Habilidade de Competir em Mercados Internacionais**. A justificativa da diferença de resultados pode ser a mesma.

Para o sub-critério Melhoria nos Processos Internos, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Melhoria nos Processos Internos    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
|                                    | Vetor Eigen     |
| Novo Escritório                    | 0,192727        |
| Sistema ERP                        | 0,377522        |
| Escritório na China                | 0,04566         |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,038004        |
| Terceirização de TI                | 0,290674        |
| Nova Campanha Marketing Local      | 0,055414        |
| <b>Soma</b>                        | <b>1,000001</b> |

Figura 89 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Melhoria nos Processos Internos (Fonte: o pesquisador, 2017)

Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,1903 (19,03%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,1927 (19,27%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 39,75% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 37,75%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 4,55% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 4,57%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 3,63% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,80%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 27,92% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 29,07%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 5,12% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 5,54%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Melhoria nos Processos Internos**. Admite-se a mesma justificativa para as diferenças.

Para o sub-critério Melhoria da Reputação, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Melhoria da Reputação              |             |
|------------------------------------|-------------|
|                                    | Vetor Eigen |
| Novo Escritório                    | 0,047094    |
| Sistema ERP                        | 0,07479     |
| Escritório na China                | 0,341407    |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,171949    |
| Terceirização de TI                | 0,027729    |
| Noca Campanha Marketing Local      | 0,337031    |
| <b>Soma</b>                        | <b>1</b>    |

Figura 90 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Melhoria da Reputação (Fonte: o pesquisador, 2017)

Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,0421 (4,21%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,0471 (4,71%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 6,80% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 7,48%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 35,20% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 34,14%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 17,36% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 17,19%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 2,54% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 2,77%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 33,89% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 33,70%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Melhoria da Reputação**. Admite-se a mesma justificção para as diferenças.

Para o sub-critério Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização |                 |
|--|-----------------|
|  | Vetor Eigen     |
| Novo Escritório                                | 0,296283        |
| Sistema ERP                                    | 0,118696        |
| Escritório na China                            | 0,030222        |
| Novo Produto Mercado Internacional             | 0,097855        |
| Terceirização de TI                            | 0,050273        |
| Noca Campanha Marketing Local                  | 0,40667         |
| <b>Soma</b>                                    | <b>0,999999</b> |

Figura 91 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

Enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 0,2994 (29,94%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,2963 (29,63%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 11,68% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 11,87%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 2,79% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,02%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 8,90% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de

9,79%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 4,39% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 5,03%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 42,30% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 40,67%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Redução de Riscos (Ameaças) para a Organização**. Admite-se o mesmo que anteriormente para as diferenças.

Para o sub-critério Urgência, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Urgência                           |             |
|------------------------------------|-------------|
|                                    | Vetor Eigen |
| Novo Escritório                    | 0,063875    |
| Sistema ERP                        | 0,101663    |
| Escritório na China                | 0,276345    |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,459707    |
| Terceirização de TI                | 0,036567    |
| Noca Campanha Marketing Local      | 0,061843    |
| <b>Soma</b>                        | <b>1</b>    |

Figura 92 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Urgência (Fonte: o pesquisador, 2017)

Vargas chegou a uma prioridade de 0,0553 (5,53%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado que seria de 0,0639 (6,39%); enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 9,24% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 10,17%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 28,79% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 27,63%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 47,74% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 45,97%; enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 3,42% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 3,66%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 5,28% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 6,18%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Urgência**. Admite-se o mesmo que anteriormente para as diferenças registradas.

Finalmente, para o sub-critério Conhecimento Técnico Interno, o vetor de prioridades obtido pelo pesquisador para os seis projetos foi o que consta na figura a seguir.

| Conhecimento Técnico Interno       |                 |
|------------------------------------|-----------------|
|                                    | Vetor Eigen     |
| Novo Escritório                    | 0,461093        |
| Sistema ERP                        | 0,026643        |
| Escritório na China                | 0,067168        |
| Novo Produto Mercado Internacional | 0,043223        |
| Terceirização de TI                | 0,078279        |
| Noca Campanha Marketing Local      | 0,323593        |
| <b>Soma</b>                        | <b>0,999999</b> |

Figura 93 – Vetor prioridade para os projetos segundo o sub-critério Conhecimento Técnico Interno (Fonte: o pesquisador, 2017)

Vargas chegou a uma prioridade de 0,4796 (47,96%) para o projeto Novo Escritório, o pesquisador chegou a um resultado de 0,4611 (46,11%); Vargas chegou a uma prioridade de 2,42% para o projeto Novo Sistema ERP, o pesquisador chegou a uma prioridade de 2,66%; Vargas chegou a uma prioridade de 6,05% para o projeto Abertura de escritório na China, o pesquisador chegou a uma prioridade de 6,72%; Vargas chegou a uma prioridade de 3,66% para o projeto Novo Produto no Mercado Internacional, o pesquisador chegou a uma prioridade de 4,32%; Vargas chegou a uma prioridade de 6,78% para o projeto Terceirização de TI, o pesquisador chegou a uma prioridade de 7,83%; e enquanto Vargas chegou a uma prioridade de 33,13% para o projeto Nova Campanha de Marketing Local, o pesquisador chegou a um valor de 32,36%. Tudo isto em relação ao sub-critério **Conhecimento Técnico Interno**. Admite-se o mesmo que anteriormente para as diferenças registradas.

O passo a seguir no método AHP é o de calcular os auto-valores principais para cada um destes sub-critérios, ou seja, os  $\lambda_{\text{máx}}$  associados a cada um dos subcritérios (12 auto-valores principais – 12  $\lambda_{\text{máx}}$ , portanto). Uma vez mais, os  $\lambda_{\text{máx}}$  serão calculados de uma forma diferente daquela que foi encontrada na maioria dos trabalhos pesquisados. Assim, cada  $\lambda_{\text{máx}}$  para cada sub-critério, será calculado como soma dos produtos entre o valor de prioridade do projeto para aquele sub-critério e o valor da soma total da correspondente coluna relativa a esse projeto, na matriz não normalizada de comparação aos pares entre os vários projetos, construída para o sub-critério em questão.

Se começarmos por fazer isso para o primeiro dos 12 sub-critérios obter-se-à:

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ comprometimento do time} = ( 0,290666 \times (4524/945) ) + 0,039401 \times 22 + 0,171211 \times (806/105) + 0,380092 \times (232/105) + 0,039376 \times 26 + 0,079255 \times (50/3) ) = 6,757091$$

Se fizermos o mesmo para o segundo sub-critério, obter-se-à:

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ comprometimento da organização} = 0,107483 \times (238/15) + 0,035069 \times 24 + 0,463698 \times (348/189) + 0,287754 \times (1448/315) + 0,035391 \times 26 + 0,070605 \times (56/3) ) = 6,961727$$

Desenvolvendo o mesmo tipo de cálculos chegar-se-ia aos seguintes valores de  $\lambda_{\text{máx}}$ :

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ comprometimento do gerente de projeto} = 6,829477$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ retorno do investimento} = 6,801865$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ lucro} = 6,902968$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ valor presente líquido} = 6,649476$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ melhoria habilidade competir mercados internacionais} = 7,183267$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ melhora processos internos} = 6,586639$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ melhora reputação} = 6,820686$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ redução de riscos (ameaças) para a organização} = 6,959399$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ urgência} = 7,093118$$

$$\lambda_{\text{máx}} \text{ conhecimento técnico interno} = 7,147652$$

O passo a seguir, é o de calcular os índices de consistência para cada um desses  $\lambda_{\text{máx}}$ , ou seja, para cada sub-critério que lhe está associado (e matrizes de comparação de projetos para a par associadas ao sub-critério também). Para isso aplica-se a fórmula genérica  $IC = ( \lambda_{\text{máx}} - n ) / ( n-1 )$ .

Se considerar-se que cada uma das matrizes de comparações/julgamentos dos vários projetos, segundo cada um dos sub-critérios, são matrizes de ordem 6 (6= número de projetos), teremos os seguintes valores para os vários valores de IC:

$$IC_{\text{comprometimento do time}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ comprometimento do time} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,757091 - 6 ) / 5 = 0,151418$$

$$IC_{\text{comprometimento da organização}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ comprometimento da organização} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,961727 - 6 ) / 5 = 0,1923454$$

$$IC_{\text{comprometimento do gerente de projeto}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ comprometimento do gerente de projeto} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,829477 - 6 ) / 5 = 0,1658954$$

$$IC_{\text{retorno do investimento}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ retorno do investimento} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,801865 - 6 ) / 5 = 0,160373$$

$$IC_{\text{lucro}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ lucro} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,902968 - 6 ) / 5 = 0,1805936$$

$$IC_{\text{valor presente líquido}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ valor presente líquido} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,649476 - 6 ) / 5 = 0,1298952$$

$$IC_{\text{melhoria habilidade competir mercados internacionais}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ habilidade competir mercados internacionais} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 7,183267 - 6 ) / 5 = 0,2366534$$

$$IC_{\text{melhoria processos internos}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ melhoria processos internos} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,586639 - 6 ) / 5 = 0,1173278$$

$$IC_{\text{melhoria reputação}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ melhoria reputação} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,820686 - 6 ) / 5 = 0,1641372$$

$$IC_{\text{redução de riscos (ameaças) para a organização}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ redução de riscos (ameaças) para a organização} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 6,959399 - 6 ) / 5 = 0,1918798$$

$$IC_{\text{urgência}} = ( \lambda_{\text{máx}} \text{ urgência} - 6 ) / ( 6 - 1 ) = ( 7,093118 - 6 ) / 5 = 0,2186236$$

$$IC_{\text{conhecimento técnico interno}} = (\lambda_{\text{máx conhecimento técnico interno}} - 6) / (6 - 1) = (7,147652 - 6) / 5 = 0,2295304$$

Como as matrizes de comparações/julgamentos entre os vários projetos, par a par, e segundo cada um dos critérios, são matrizes de ordem 6, o correspondente valor do índice randômico, **IR = 1,24**

A partir daí, está-se em condições de avaliar a taxa de inconsistência relativa para as matrizes de comparação entre projetos, segundo cada um dos sub-critérios, pela aplicação da expressão genérica **CR = IC / IR** e resulta que:

$$RC_{\text{comprometimento do time}} = IC_{\text{comprometimento do time}} / 1,24 = 0,122 \text{ (12,2\% !!)}$$

$$RC_{\text{comprometimento da organização}} = IC_{\text{comprometimento da organização}} / 1,24 = 0,155 \text{ (15,5\% !!)}$$

$$RC_{\text{comprometimento do gerente de projeto}} = IC_{\text{comprometimento do gerente de projeto}} / 1,24 = 0,134 \text{ (13,4\% !!)}$$

$$RC_{\text{retorno do investimento}} = IC_{\text{retorno do investimento}} / 1,24 = 0,129 \text{ (12,9\%!!)}$$

$$RC_{\text{lucro}} = IC_{\text{lucro}} / 1,24 = 0,146 \text{ (14,6\% !!)}$$

$$RC_{\text{valor presente líquido}} = IC_{\text{valor presente líquido}} / 1,24 = 0,105 \text{ (10,5\% !)}$$

$$RC_{\text{melhor habilid competir mercados intern}} = IC_{\text{melhor habilid competir mercados intern}} / 1,24 = 0,191 \text{ (19,1\% !!)}$$

$$RC_{\text{melhoria processos internos}} = IC_{\text{melhoria processos internos}} / 1,24 = 0,095 \text{ (9,5\% = > ok !)}$$

$$RC_{\text{melhoria reputação}} = IC_{\text{melhoria reputação}} / 1,24 = 0,132 \text{ (13,2\% !!)}$$

$$RC_{\text{redução de riscos (ameaças) para organiz}} = IC_{\text{redução de riscos (ameaças) para organiz}} / 1,24 = 0,155 \text{ (15,5\%!!)}$$

$$RC_{\text{urgência}} = IC_{\text{urgência}} / 1,24 = 0,176 \text{ (17,6\% !!)}$$

$$RC_{\text{conhecimento técnico interno}} = IC_{\text{conhecimento técnico interno}} / 1,24 = 0,185 \text{ (18,5\% !!)}$$

E aqui é que a diferença de resultados é importante!!! É que na verdade, pelos cálculos do pesquisador, apenas um dentre os 12 valores da taxa de consistência relativa cumpriu o critério de ter que ser menor ou igual a 10%, enquanto que Vargas apresenta para todos eles valores inferiores a esse limite.

A serem verdadeiros os valores calculados pelo pesquisador, 11 das 12 matrizes de comparação/julgamentos par a par entre os projetos, e segundo cada um dos sub-critérios, teria que ser refeita em termos dos valores dos pesos distribuídos/atribuídos aos seus respectivos elementos de forma a cumprir o critério de consistência.

Vargas apresenta um valor de “*inconsistency*”, que o pesquisador interpreta como sendo já o valor para a taxa de inconsistência relativa de 8% para a matriz de comparações para a par entre os projetos dentro do sub-critério “comprometimento do time”, enquanto que o pesquisador chegou a um valor de 12,2%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 9% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “comprometimento da organização” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 15,5%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 9% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “comprometimento do gerente de projeto” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 13,4%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 8% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “retorno do investimento” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 12,9%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 9% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “lucro” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 14,6%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 7% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “valor presente líquido” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 10,5%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 11% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “habilidade para compatir em mercados internacionais” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 19,1%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 7% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “melhoria dos processos internos” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 9,5% (sendo este o único valor de CR que nos cálculos do pesquisador cumpre o valor limite 10% máximos admissíveis para valores de CR); Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 8% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “melhoria da reputação” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 13,2%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 10% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “redução de riscos (ameaças) para a organização” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 15,5%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 10% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “urgência” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 17,6%; Vargas chega a uma “*inconsistency*” de 10% para a matriz de comparações par a par entre os projetos dentro do sub-critério “conhecimento técnico interno” enquanto que o pesquisador chega a um valor da respectiva CR de 18,5%.

Chegados a este ponto do método de Saaty (AHP), está-se já em condições não apenas de determinar a **prioridade/importância de cada um dos seis projetos passíveis**

**de serem escolhidos para implementação no conjunto de todos os 12 sub-critérios, como também a própria importância de cada um desses seis projetos para a meta global do problema.**

Assim, e segundo Vargas, R.V. (2010), o cruzamento entre todas as avaliações dos projetos em todos os critérios determina a prioridade final de cada um dos projetos com relação à meta.

O mecanismo de cálculo da prioridade final pode ser determinado pelo somatório dos produtos entre o peso de prioridade da alternativa e o peso do critério (aqui refira-se que Vargas usa a palavra critério para se referir indistintamente a sub-critérios quanto aos próprios critérios, que foram definidos um nível acima na hierarquia do problema).

O pesquisador, tentando traduzir um pouco melhor aquilo que Vargas quer dizer a esse propósito, diria que a prioridade de cada projeto para a meta global resulta de uma somatória dos produtos da importância do projeto dentro de um determinado sub-critério, pela importância desse sub-critério dentro da classe de critérios a que esse sub-critério pertence e por último pela importância dessa classe de critérios para a meta global do problema.

E a esse propósito Vargas começa por afirmar “....Para exemplificar o processo, a Tabela mostra o processo de cálculo para a alternativa “Mudança para um Novo Escritório”. E apresenta a tabela que consta na figura 94.

| Critério                                    | Peso do Critério | Peso da Alternativa | Produto |
|---|------------------|---------------------|---------|
| Comprometimento do Time                     | 0,0122           | 0,2968              | 0,0036  |
| Comprometimento da Organização              | 0,0048           | 0,0993              | 0,0005  |
| Comprometimento do Gerente de Projeto       | 0,0514           | 0,1586              | 0,0082  |
| Retorno do Investimento (ROI)               | 0,0357           | 0,0296              | 0,0011  |
| Lucro (US\$)                                | 0,1785           | 0,0315              | 0,0056  |
| Valor Presente Líquido                      | 0,1785           | 0,0366              | 0,0065  |
| Habilidade Competir Mercados Internacionais | 0,2988           | 0,1033              | 0,0309  |
| Melhora Processos Internos                  | 0,0331           | 0,1903              | 0,0063  |
| Melhora Reputação                           | 0,1284           | 0,0421              | 0,0054  |
| Diminui Riscos (Ameaças) para a Organização | 0,0219           | 0,2994              | 0,0066  |
| Urgência                                    | 0,0056           | 0,0553              | 0,0003  |
| Conhecimento Técnico Interno                | 0,0510           | 0,4796              | 0,0243  |
|   |                  | Resultados          | 0,0992  |

Figura 94 –Avaliação final da prioridade do projeto Mudança para um Novo Escritório segundo os critérios escolhidos e ponderados para a organização (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

Nota: Veja-se que quando Vargas se refere aos “critérios escolhidos e ponderados para a organização” ele se está referindo na verdade a **sub-critérios**; note-se também que os valores da coluna peso do critério (que na verdade é sub-critério), já resultam do produto



do peso do mesmo dentro da classe de critérios a que pertence pelo peso da classe de critérios em si mesma para a meta global do problema

O pesquisador fazendo cálculos equivalentes chegou ao seguinte resultado:

| ABERTURA DE NOVO ESCRITÓRIO                 |                             |                                   |                          |   |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|
| Sub-critério                                | Peso da classe de critérios | Peso do sub-critério              | Peso do Projeto          | Produto dos pesos                                   |
| Comprometimento do Time                     | 0,0684                      | $(0,0684 \times 0,1804 = 0,0123)$ | 0,290666                 | $0,003576 (= 0,0684 \times 0,1804 \times 0,290666)$ |
| Comprometimento da Organização              | 0,0684                      | $(0,0684 \times 0,0714 = 0,0049)$ | 0,107483                 | $0,000527 (= 0,0684 \times 0,0714 \times 0,107483)$ |
| Comprometimento do Gerente de Projeto       | 0,0684                      | $(0,0684 \times 0,7482 = 0,0512)$ | 0,159205                 | $0,008148 (= 0,0684 \times 0,7482 \times 0,159205)$ |
| Retorno do Investimento (ROI)               | 0,3927                      | $(0,3927 \times 0,0909 = 0,0357)$ | 0,031143                 | $0,001112 (= 0,3927 \times 0,0909 \times 0,031143)$ |
| Lucro (US\$)                                | 0,3927                      | $(0,3927 \times 0,4545 = 0,1785)$ | 0,03419                  | $0,006102 (= 0,3927 \times 0,4545 \times 0,03419)$  |
| Valor Presente Líquido                      | 0,3927                      | $(0,3927 \times 0,4545 = 0,1785)$ | 0,037926                 | $0,006769 (= 0,3927 \times 0,4545 \times 0,037926)$ |
| Habilidade Competir Mercados Internacionais | 0,4604                      | $(0,4604 \times 0,6434 = 0,2962)$ | 0,107889                 | $0,031959 (= 0,4604 \times 0,6434 \times 0,107889)$ |
| Melhora Processos Internos                  | 0,4604                      | $(0,4604 \times 0,0738 = 0,0340)$ | 0,192727                 | $0,006548 (= 0,4604 \times 0,0738 \times 0,192727)$ |
| Melhora Reputação                           | 0,4604                      | $(0,4604 \times 0,2828 = 0,1302)$ | 0,047094                 | $0,006132 (= 0,4604 \times 0,2828 \times 0,047094)$ |
| Diminui Riscos (Ameaças) para a Organização | 0,0785                      | $(0,0785 \times 0,2828 = 0,0222)$ | 0,296283                 | $0,006577 (= 0,0785 \times 0,2828 \times 0,296283)$ |
| Urgência                                    | 0,0785                      | $(0,0785 \times 0,0738 = 0,0058)$ | 0,063875                 | $0,000370 (= 0,0785 \times 0,0738 \times 0,063875)$ |
| Conhecimento Técnico Interno                | 0,0785                      | $(0,0785 \times 0,6434 = 0,0505)$ | 0,461093                 | $0,023288 (= 0,0785 \times 0,6434 \times 0,461093)$ |
|   |                             |                                   | <b>Resultados (Soma)</b> | <b>0,101108 (=10,11%)</b>                           |

Figura 95 – Avaliação final da prioridade do projeto Mudança para um Novo Escritório para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização

(Fonte: o pesquisador, 2017)

Ou seja, enquanto Vargas chegou a uma prioridade/importância/contribuição de 9,92% do projeto “abertura de um novo escritório” para a meta global do problema, o pesquisador chegou a um valor ligeiramente diferente de 10,11%.

Tal como Vargas, R.V. (2010) refere na publicação, o mesmo processo pode ser repetido para os outros cinco projetos. Os resultados finais obtidos pelo referido autor para os projetos em todos os critérios (sub-critérios) estão descritos na Figura 96.



Figura 96 – Resultados finais para as prioridades do portfólio de projetos da organização (Fonte: Vargas, R.V., 2010)

Já o pesquisador chegou aos resultados que constam nas figuras 97, 98, 99, 100 e 101.

| NOVO SISTEMA ERP                            |                             |                      |                          |                   |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Sub-critério                                | Peso da classe de critérios | Peso do sub-critério | Peso do Projeto          | Produto dos pesos |
| Comprometimento do Time                     | 0,0684                      | 0,01233936           | 0,039401                 | 0,000486183       |
| Comprometimento da Organização              | 0,0684                      | 0,00488376           | 0,035069                 | 0,000171269       |
| Comprometimento do Gerente de Projeto       | 0,0684                      | 0,05117688           | 0,045266                 | 0,002316573       |
| Retorno do Investimento (ROI)               | 0,3927                      | 0,03569643           | 0,047199                 | 0,001684836       |
| Lucro (US\$)                                | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,0334                   | 0,005961304       |
| Valor Presente Líquido                      | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,066735                 | 0,011911006       |
| Habilidade Competir Mercados Internacionais | 0,4604                      | 0,29622136           | 0,043685                 | 0,01294043        |
| Melhora Processos Internos                  | 0,4604                      | 0,03397752           | 0,377522                 | 0,012827261       |
| Melhora Reputação                           | 0,4604                      | 0,13020112           | 0,07479                  | 0,009737742       |
| Diminui Riscos (Ameaças) para a Organização | 0,0785                      | 0,0221998            | 0,118696                 | 0,002635027       |
| Urgência                                    | 0,0785                      | 0,0057933            | 0,101663                 | 0,000588964       |
| Conhecimento Técnico Interno                | 0,0785                      | 0,0505069            | 0,026643                 | 0,001345655       |
|   |                             |                      | <b>Resultados (Soma)</b> | <b>6,2606%</b>    |

Figura 97 –Avaliação final da prioridade do projeto Novo Sistema ERP para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

| ABERTURA DO ESCRITÓRIO NA CHINA             |                             |                      |                          |                   |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Sub-critério                                | Peso da classe de critérios | Peso do sub-critério | Peso do Projeto          | Produto dos pesos |
| Comprometimento do Time                     | 0,0684                      | 0,01233936           | 0,171211                 | 0,002112634       |
| Comprometimento da Organização              | 0,0684                      | 0,00488376           | 0,463698                 | 0,00226459        |
| Comprometimento do Gerente de Projeto       | 0,0684                      | 0,05117688           | 0,340592                 | 0,017430436       |
| Retorno do Investimento (ROI)               | 0,3927                      | 0,03569643           | 0,301548                 | 0,010764187       |
| Lucro (US\$)                                | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,282557                 | 0,050431381       |
| Valor Presente Líquido                      | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,244071                 | 0,043562317       |
| Habilidade Competir Mercados Internacionais | 0,4604                      | 0,29622136           | 0,390097                 | 0,115555064       |
| Melhora Processos Internos                  | 0,4604                      | 0,03397752           | 0,04566                  | 0,001551414       |
| Melhora Reputação                           | 0,4604                      | 0,13020112           | 0,341407                 | 0,044451574       |
| Diminui Riscos (Ameaças) para a Organização | 0,0785                      | 0,0221998            | 0,030222                 | 0,000670922       |
| Urgência                                    | 0,0785                      | 0,0057933            | 0,276345                 | 0,001600949       |
| Conhecimento Técnico Interno                | 0,0785                      | 0,0505069            | 0,067168                 | 0,003392447       |
|   |                             |                      | <b>Resultados (Soma)</b> | <b>29,3788%</b>   |

Figura 98 –Avaliação final da prioridade do projeto Abertura do Escritório na China para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

| DESENVOLVIMENTO DE NOVO PRODUTO PARA O MERCADO INTERNACIONAL |                             |                      |                          |                   |
|--|-----------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Sub-critério   | Peso da classe de critérios | Peso do sub-critério | Peso do Projeto          | Produto dos pesos |
| Comprometimento do Time                                      | 0,0684                      | 0,01233936           | 0,380092                 | 0,004690092       |
| Comprometimento da Organização                               | 0,0684                      | 0,00488376           | 0,287754                 | 0,001405321       |
| Comprometimento do Gerente de Projeto                        | 0,0684                      | 0,05117688           | 0,344631                 | 0,017637139       |
| Retorno do Investimento (ROI)                                | 0,3927                      | 0,03569643           | 0,445411                 | 0,015899583       |
| Lucro (US\$)   | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,455972                 | 0,081382863       |
| Valor Presente Líquido                                       | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,458211                 | 0,081782484       |
| Habilidade Competir Mercados Internacionais                  | 0,4604                      | 0,29622136           | 0,3713                   | 0,109986991       |
| Melhora Processos Internos                                   | 0,4604                      | 0,03397752           | 0,038004                 | 0,001291282       |
| Melhora Reputação  | 0,4604                      | 0,13020112           | 0,171949                 | 0,022387952       |
| Diminui Riscos (Ameaças) para a Organização                  | 0,0785                      | 0,0221998            | 0,097855                 | 0,002172361       |
| Urgência   | 0,0785                      | 0,0057933            | 0,459707                 | 0,002663221       |
| Conhecimento Técnico Interno                                 | 0,0785                      | 0,0505069            | 0,043223                 | 0,00218306        |
|  |                             |                      | <b>Resultados (Soma)</b> | <b>34,3482%</b>   |

Figura 99 –Avaliação final da prioridade do projeto Desenvolvimento de Novo Produto para o Mercado Internacional para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

| TERCEIRIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE TI       |                             |                      |                          |                   |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Sub-critério                                | Peso da classe de critérios | Peso do sub-critério | Peso do Projeto          | Produto dos pesos |
| Comprometimento do Time                     | 0,0684                      | 0,01233936           | 0,039376                 | 0,000485875       |
| Comprometimento da Organização              | 0,0684                      | 0,00488376           | 0,035391                 | 0,000172841       |
| Comprometimento do Gerente de Projeto       | 0,0684                      | 0,05117688           | 0,031393                 | 0,001606596       |
| Retorno do Investimento (ROI)               | 0,3927                      | 0,03569643           | 0,070247                 | 0,002507567       |
| Lucro (US\$)                                | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,079145                 | 0,01412597        |
| Valor Presente Líquido                      | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,071589                 | 0,012777359       |
| Habilidade Competir Mercados Internacionais | 0,4604                      | 0,29622136           | 0,060094                 | 0,017801126       |
| Melhora Processos Internos                  | 0,4604                      | 0,03397752           | 0,290674                 | 0,009876382       |
| Melhora Reputação                           | 0,4604                      | 0,13020112           | 0,027729                 | 0,003610347       |
| Diminui Riscos (Ameaças) para a Organização | 0,0785                      | 0,0221998            | 0,050273                 | 0,001116051       |
| Urgência                                    | 0,0785                      | 0,0057933            | 0,036567                 | 0,000211844       |
| Conhecimento Técnico Interno                | 0,0785                      | 0,0505069            | 0,078279                 | 0,00395363        |
|   |                             |                      | <b>Resultados (Soma)</b> | <b>6,8246%</b>    |

Figura 100 –Avaliação final da prioridade do projeto Terceirização da Infraestrutura de TI para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

| NOVA CAMPANHA DE MARKETING LOCAL            |                             |                      |                          |                   |
|---|-----------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| Sub-critério                                | Peso da classe de critérios | Peso do sub-critério | Peso do Projeto          | Produto dos pesos |
| Comprometimento do Time                     | 0,0684                      | 0,01233936           | 0,079255                 | 0,000977956       |
| Comprometimento da Organização              | 0,0684                      | 0,00488376           | 0,070605                 | 0,000344818       |
| Comprometimento do Gerente de Projeto       | 0,0684                      | 0,05117688           | 0,078913                 | 0,004038521       |
| Retorno do Investimento (ROI)               | 0,3927                      | 0,03569643           | 0,104452                 | 0,003728564       |
| Lucro (US\$)                                | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,114736                 | 0,020478328       |
| Valor Presente Líquido                      | 0,3927                      | 0,17848215           | 0,121468                 | 0,02167987        |
| Habilidade Competir Mercados Internacionais | 0,4604                      | 0,29622136           | 0,026935                 | 0,007978722       |
| Melhora Processos Internos                  | 0,4604                      | 0,03397752           | 0,055414                 | 0,00188283        |
| Melhora Reputação                           | 0,4604                      | 0,13020112           | 0,337031                 | 0,043881814       |
| Diminui Riscos (Ameaças) para a Organização | 0,0785                      | 0,0221998            | 0,40667                  | 0,009027993       |
| Urgência                                    | 0,0785                      | 0,0057933            | 0,061843                 | 0,000358275       |
| Conhecimento Técnico Interno                | 0,0785                      | 0,0505069            | 0,323593                 | 0,016343679       |
|   |                             |                      | <b>Resultados (Soma)</b> | <b>13,0721%</b>   |

Figura 101 –Avaliação final da prioridade do projeto Nova Campanha de Marketing Local para a meta global do problema, segundo os sub-critérios escolhidos para a organização (Fonte: o pesquisador, 2017)

Seja pela figura 96, cuja fonte é Vargas, R.V. (2010) seja pela figura 99, cuja fonte é o pesquisador, podemos chegar à conclusão de que o o projeto com maior importância para a meta global é o do Desenvolvimento de Novo Produto para o Mercado Internacional. Para Vargas, R.V. (2010) ele contribui em 34,39% (0,3439) da meta. Para o pesquisador, ele contribui em 34,35% para a mesma. Os resultados obtidos são praticamente idênticos.

Também tanto para o autor da publicação como para o pesquisador, o projeto que aparece como segundo mais importante para a meta global da organização é o da Abertura do Escritório na China. Enquanto para Vargas ele tem uma contribuição de 30,74% para a meta global, para o pesquisador tem uma contribuição de 29,38%. Se tomarmos como

referência o resultado de Vargas, a discrepância relativa entre os dois resultados é de cerca de 4,4%, pelo que se podem considerar resultados muito semelhantes.

Como terceiro projeto mais importante, tanto para Vargas como para o pesquisador, surge a Nova Campanha de Marketing Local, e de novo os resultados são praticamente idênticos. Para Vargas, o projeto contribui com 13,1% para a meta global da organização, e para o pesquisador com 13,07%. São resultados praticamente idênticos.

Como quarto projeto mais importante surge tanto para Vargas como para o pesquisador a Mudança para um Novo Escritório. Para o autor da publicação ele pesa 9,92% sobre a totalidade da meta, enquanto para o pesquisador pesa 10,11%. Uma vez mais tomando como referência os valores de Vargas isso representa uma discrepância relativa de cerca de 1,9% , pelo que de novo se podem considerar resultados muito semelhantes.

Como quinto projeto mais importante para a organização tanto para Vargas quanto para o pesquisador aparece o da Terceirização da Infraestrutura de TI, que para o autor da publicação representa 5,96% da meta enquanto para o pesquisador significa 6,82% da mesma. De novo se considerarmos referência os valores de Vargas, isso representa uma discrepância relativa de 14,4% o que poderia parecer uma diferença já com algum significado, mas a verdade é que estamos a tratar já com valores absolutos de percentagens muito baixos pelo que qualquer pequena diferença entre eles implica valores percentuais de discrepâncias maiores.

Finalmente como o projeto menos importante de todos para a empresa, quer para o autor da publicação quer para o pesquisador vem o do Novo Sistema ERP, que para Vargas assume uma importância de 5,9% sobre a meta global da organização e para o pesquisador 6,26%. Isso representa uma discrepância relativa de 6,1% entre os dois resultados pelo que se podem considerar muito parecidos.

**De destacar que a ordem relativa de importância dos projetos seguiu sendo sempre a mesma, tanto para o autor da publicação como para o pesquisador**, mesmo que em alguns casos surgissem pequenas diferenças de valores.

Depois podem ainda tecer-se outro tipo de análises como por exemplo a de perceber que o projeto do novo produto internacional contribui cerca de 3 (três) vezes mais para a meta do que o projeto relacionado à campanha de marketing local.

A publicação de Vargas, R.V. (2010) foi bastante importante como introdução ao estudo mais prático/aplicado do funcionamento do método de Saaty (AHP) para o pesquisador, pela clareza de raciocínio e grau de desenvolvimento com que o autor

apresentou o exemplo, na sua publicação. Mesmo tratando-se de um caso hipotético e que não envolvia nem a área ambiental nem, mais especificamente ainda, a área de resíduos da construção civil.

Foi também importante para se perceber que à medida que o número de critérios, sub-critérios e alternativas aumente, o volume de cálculos a efetuar se vai tornando bastante considerável, tornando cada vez mais complicada a sua elaboração manualmente.

O único aspecto “menos bom”, por assim dizer, foi o fato do pesquisador ter encontrado resultados da taxa de inconsistência relativa, CR, maiores que o máximo admissível (10%). Permanece no entanto a dúvida se isso pode ter resultado de algum engano nos cálculos efetuados por parte do pesquisador ou não. No entanto, e nas próprias palavras de Vargas, R.V. (2010), “..... o índice de inconsistência somente permite a avaliação da consistência e a regularidade das opiniões dos tomadores de decisão e não se essas opiniões são as mais adequadas para o contexto organizacional.” Ou seja, é como se Vargas relativizasse esse aspecto na sua própria publicação.

**3.4.1.2.2. – ARTIGO DA AUTORIA DE MARTINS, C.H.; PADILHA, D.J.; VERÍSSIMO, R., COM O TÍTULO “UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS RELEVANTES À IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS DE COLETA SELETIVA”, PUBLICADO NA “REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA”, EM DEZ/2012.**

De referir que a partir daqui o pesquisador passará a transcrever apenas aquelas que considere partes fundamentais do material acadêmico cuja revisão bibliográfica efetuou a propósito do método AHP, dispensando sobretudo partes do método e aspetos que já tenham sido focados no ítem/publicação imediatamente anterior a este artigo, diminuindo assim um pouco o grau de detalhe das análises.

Este artigo já começa a dirigir a revisão bibliográfica sobre método AHP por parte do pesquisador para dentro das temáticas ambientais e de resíduos.

Na introdução do artigo, Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012) começam por chamar a atenção para o fato de que a geração de resíduos sólidos nos centros urbanos passou a ser tema de discussão à medida em que se intensificou, com o passar dos anos, por conta da industrialização acelerada e do avanço tecnológico apresentado em todos os setores, e que com isso a preocupação atual volta-se ao gerenciamento adequado destes, de modo a evitar os impactos ambientais, sociais e econômicos aos quais estão associados.

Mais adiante, fazem notar os autores que a redução da geração de resíduos, e de acordo com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, PROSAB (1999), é alcançada pela utilização adequada de recursos e diminuição de desperdícios, enquanto que a reutilização pode ser definida como o aproveitamento dos resíduos nas condições em que estes foram descartados, aplicando-se aos mesmos pouco ou nenhum tratamento. Referem ainda que por outro lado, a reciclagem, considerada uma forma de tratamento, consiste na produção de bens utilizando os resíduos como matéria prima, podendo ocorrer de forma industrial ou artesanal.

Afirmam ainda, que no que diz respeito à reciclagem, e para que as ações voltadas à mesma possam ser efetivadas, é necessária a coleta diferenciada do material a ser destinado para tal processo, ou seja, a coleta definida como seletiva, e que é caracterizada pela Lei nº 12.305 de 2010, mais conhecida como Política Nacional dos Resíduos Sólidos, como “...a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição”.

Passando já da coleta seletiva para o método AHP, os autores referem, citando Vidal e outros (2010), que é um método desenvolvido por Thomas Saaty na década de 70, o qual baseia-se na construção de uma hierarquia para representar um problema complexo, a fim de avaliar critérios e alternativas propostas em busca da resolução do mesmo.

Afirmam ainda os autores, citando Karagiannidis e outros (2010), que o método AHP é uma metodologia aplicável à definição de objetivos e escolhas de alternativas inseridas nos sistemas de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, RSU.

Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012), referem que Pereira, S.D.L. (2007) usou o método AHP simplificado, o qual se divide em quatro fases distintas, sendo a 1ª delas a construção da estrutura hierárquica, contendo o objetivo do estudo, os critérios relacionados às possíveis alternativas e as mesmas (e apresentam a esse propósito uma estrutura hierárquica para o método AHP em tudo semelhante à que Vargas havia apresentado na figura 37 do presente texto).

A 2ª fase do método simplificado AHP seria então a comparação entre pares de critérios com base na escala de Saaty, na qual se atribuem valores de 1 até 9 conforme a relação de “força”/preferência entre os critérios, comparando-os 2 a 2 entre si. E apresentam uma figura no artigo contendo a referida escala que é em tudo semelhante, mesmo que usando palavras um pouco diferentes, àquela que já foi apresentada no presente texto na figura 39.

A 3ª fase do método simplificado de Saaty (AHP) será a da construção da matriz de julgamento, que designaram de matriz A. E fazem notar os autores, citando Marchezetti

(2009), que a diagonal da matriz julgamento sempre será composta pelo valor 1, salientando-se ainda a reciprocidade dos elementos diagonais, já que se  $a_{1,3} = 5$ , então  $a_{3,1} = 1/5$ .

A 4ª fase do método simplificado de Saaty (AHP) será então a do cálculo das prioridades, com base na obtenção da matriz normalizada de A, a que chamaram de matriz  $A^*$  (e que nós entretanto também já vimos como proceder para fazer a normalização de matrizes). Referem então que a partir dessa matriz normalizada  $A^*$  poderá ser definida a ordem prioritária dos critérios avaliados com o cálculo das prioridades médias locais (PML), que não é mais que o vetor de prioridades/vetor de Eigen/auto-vetor principal/vetor médio das linhas, também já aqui anteriormente referido no texto.

E explicam que em seguida, com os valores das prioridades médias locais calculadas, calcula-se o valor principal de Eigen,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ , agora sim do modo que estamos mais habituados a encontrar na maioria dos trabalhos acadêmicos e que é aquela que já se apresentou aqui no texto anteriormente “...O próximo passo no método AHP consiste em determinar o produto não entre a matriz normalizada  $A^*$  mas sim entre a matriz de decisão  $A$  inicial (que fazia o julgamento/comparações para a par entre os critérios de acordo com os valores da escala fundamental de Saaty), e o vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas. Ao fazer isso obtém-se um outro vetor da mesma ordem do vetor de prioridades, **o qual (vetor com n linhas, sendo n a ordem da matriz de decisão, e uma coluna apenas) se designará por vetor coluna, aqui assumido como vetor  $C$**  (cujos elementos serão  $c_{11}, c_{21}, c_{31}.....c_{n1}$ )...”. E continuou-se explicando o processo de determinação do  $\lambda_{m\acute{a}x}$  do seguinte modo: “...Para isso começa-se por se dividir cada um dos elementos do vetor  $C$  pelo correspondente valor do vetor médio das linhas, o que resultará num vetor  $D$  ( $D$  de “divisão”, por exemplo), também do tipo  $(n \times 1)$ . Assim, os elementos de  $D$  são respetivamente iguais a:  $d_{11} = (c_{11}/w_{11})$ ;  $d_{21} = (c_{21}/w_{21})$ ;  $d_{31} = (c_{31}/w_{31})$ ; ..... $d_{n1} = (c_{n1}/w_{n1})$ . E continuava-se a explicação da determinação do  $\lambda_{m\acute{a}x}$  escrevendo do seguinte modo: “...Em seguida determina-se o valor soma de todos os elementos desse vetor  $D = (d_{11} + d_{21} + d_{31} + .....d_{n1})$ , o qual por hipótese dará um valor  $T$  (de total, por exemplo). A seguir calcula-se a média dos valores do vetor  $D$ , dividindo esse valor  $T$  pelo número de elementos de  $D$ .

Esse valor médio dos elementos de  $D$  é um parâmetro muito importante que aparece na literatura designado por  $\lambda_{m\acute{a}x}$  ou **autovalor máximo**. Foi exatamente esse o processo seguido no artigo de Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012) para se chegar ao valor do valor principal de Eigen, também designado de auto-valor máximo,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ .

E com o valor do  $\lambda_{m\acute{a}x}$  determinado explicam os autores que se passa para a determinação do índice de consistência (IC) e da taxa relativa de inconsistência (CR)

recorrendo às mesmas expressões também já aqui transcritas neste texto (com a necessária determinação do valor do índice randômico, IR, claro).

E apresentam uma tabela com os valores do índice randômico, IR, até à ordem 10, semelhante àquela outra mis completa, até à ordem 15, já anteriormente aqui apresentada na figura 8.

Passando então para a parte mais importante do artigo, que é a dos resultados e discussões, começam por afirmar os autores que os critérios definidos para o estudo encontram-se subdivididos em subgrupos, sendo esses ambiental, social e econômico. A Figura 102 apresenta a estrutura hierárquica construída por Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012) a partir de tais critérios.

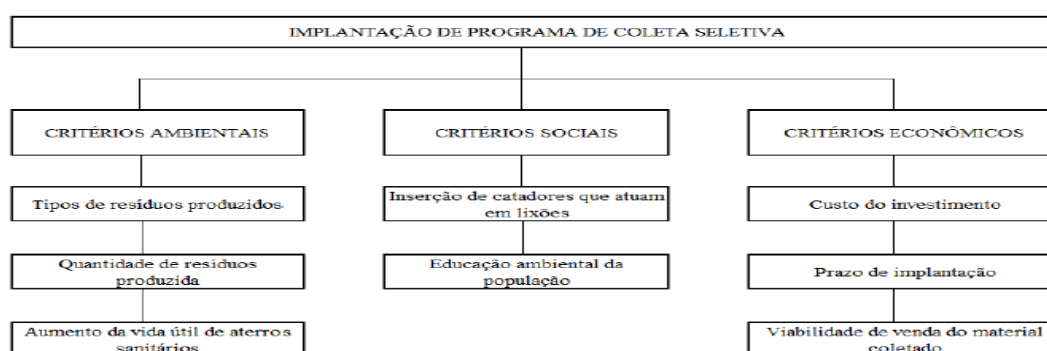


Figura 102 – Estrutura hierárquica do estudo(Fonte: Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012)

Para cada par de critérios foram atribuídos pesos de 1 a 9, construindo-se desta forma a matriz de julgamento da figura 103. Em seguida, e pelo processo habitual de normalização de matrizes chegou-se à matriz comparativa dos critérios normalizada que consta na figura 104.

**Nota importante:** De referir aqui que os autores partiram diretamente para uma comparação par a par dos 8 “sub-critérios”, chame-se-lhes assim, em vez de tentarem começar por construir uma matriz de julgamentos que fizesse a comparação par a par das importâncias entre si dos “macro-critérios” (critérios ambientais, critérios sociais e critérios econômicos, ou seja, quanto seria a importância de cada um desses três grupos para a meta do problema que é a da escolha da implantação de programa de coleta seletiva). Isso também acaba fazendo com que aquela parte realizada por Vargas, R.V. (2010) de construir matrizes de julgamentos para comparações par a par apenas entre sub-critérios pertencentes a uma mesma classe de critérios tenha sido eliminada dos cálculos.



|                                  | Tipos de resíduos produzidos | Quantidade de resíduos produzida | Aumento da vida útil do aterro | Inserção de catadores | Educação ambiental | Custo do investimento | Prazo de implantação | Viabilidade de venda do material |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|
| Tipos de resíduos produzidos     | 1                            | 3                                | 3                              | 3                     | 1/3                | 1/3                   | 5                    | 1/3                              |
| Quantidade de resíduos produzida | 1/3                          | 1                                | 1/4                            | 1/2                   | 1/4                | 1/3                   | 4                    | 1/4                              |
| Aumento da vida útil do aterro   | 1/3                          | 4                                | 1                              | 3                     | 1/3                | 1/2                   | 5                    | 1/3                              |
| Inserção de catadores            | 1/3                          | 2                                | 1/3                            | 1                     | 1/3                | 1/3                   | 5                    | 1/3                              |
| Educação ambiental               | 3                            | 4                                | 3                              | 3                     | 1                  | 1/2                   | 7                    | 1/2                              |
| Custo do investimento            | 3                            | 3                                | 2                              | 3                     | 2                  | 1                     | 5                    | 2                                |
| Prazo de implantação             | 1/5                          | 1/4                              | 1/5                            | 1/5                   | 1/7                | 1/5                   | 1                    | 1/5                              |
| Viabilidade de venda do material | 3                            | 4                                | 3                              | 3                     | 2                  | 1/2                   | 5                    | 1                                |

Figura 103 – Matriz de julgamentos A (Fonte: Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012)

|                                  | Tipos de resíduos | Quantidade de resíduos | Aumento da vida útil do | Inserção de | Educação ambiental | Custo do investimento | Prazo de implantação | Viabilidade de venda do |
|----------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| Tipos de resíduos produzidos     | 0,089             | 0,141                  | 0,235                   | 0,180       | 0,052              | 0,090                 | 0,135                | 0,067                   |
| Quantidade de resíduos produzida | 0,030             | 0,047                  | 0,020                   | 0,030       | 0,039              | 0,090                 | 0,108                | 0,051                   |
| Aumento da vida útil do aterro   | 0,030             | 0,188                  | 0,078                   | 0,180       | 0,052              | 0,135                 | 0,135                | 0,067                   |
| Inserção de catadores            | 0,030             | 0,094                  | 0,026                   | 0,060       | 0,052              | 0,090                 | 0,135                | 0,067                   |
| Educação ambiental               | 0,268             | 0,188                  | 0,235                   | 0,180       | 0,156              | 0,135                 | 0,189                | 0,101                   |
| Custo do investimento            | 0,268             | 0,141                  | 0,156                   | 0,180       | 0,313              | 0,270                 | 0,135                | 0,404                   |
| Prazo de implantação             | 0,018             | 0,012                  | 0,016                   | 0,012       | 0,022              | 0,054                 | 0,027                | 0,040                   |
| Viabilidade de venda do material | 0,268             | 0,188                  | 0,235                   | 0,180       | 0,313              | 0,135                 | 0,135                | 0,202                   |

Figura 104 – Matriz normalizada derivada da matriz A (Fonte: Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012)

Mais adiante no artigo os autores apresentam o resultado para o vetor de prioridades médias locais, mas segundo uma ordem diferente daquela com que as matrizes A e A\* haviam sido construídas, ou seja, apresentam pela forma decrescente de prioridades, conforme a figura 105

|                                  | PML   |
|----------------------------------|-------|
| Custo do investimento            | 0,233 |
| Viabilidade de venda do material | 0,207 |
| Educação ambiental               | 0,182 |
| Tipos de resíduos produzidos     | 0,124 |
| Aumento da vida útil do aterro   | 0,108 |
| Inserção de catadores            | 0,069 |
| Quantidade de RSU produzida      | 0,052 |
| Prazo de implantação             | 0,025 |

Figura 105 – Demonstração das prioridades em razão de cada critério avaliado  
(Fonte: Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012))

Como complemento, o pesquisador apresenta o mesmo vetor de prioridades médias locais segundo a ordem estabelecida para os critérios/sub-critérios nas matrizes A e A\*, e de acordo com os cálculos que fez, na figura 106.

|                                   | PML (Vetor médio de prioridades/vetor de Eigen/vetor prioridade média das linhas) |
|-----------------------------------|---|
| Tipos de resíduos produzidos      | 0,123686  |
| Quantidade de resíduos produzidos | 0,051766  |
| Aumento da vida útil do aterro    | 0,108202  |
| Inserção de catadores             | 0,069318  |
| Educação ambiental                | 0,181522  |
| Custo do investimento             | 0,233428  |
| Prazo de implantação              | 0,025134  |
| Viabilidade da venda de material  | 0,206944  |
| <b>Soma</b>                       | <b>1</b>  |

Figura 106 – Vetor de prioridades médias locais/vetor prioridade média das linhas, em razão dos sub-critérios adotados (Fonte: o pesquisador, 2017)

Fazendo então o produto da matriz de julgamentos não normalizada, A, pelo vetor das prioridades médias locais, que é uma operação estritamente matricial, o pesquisador chegou então ao resultado para o vetor coluna C que consta na figura 107, e que no artigo e segundo a sua notação matemática os autores designaram por vetor  $B_i$ .

|                                   | Vetor coluna C |
|-----------------------------------|----------------|
| Tipos de resíduos produzidos      | 1,14451        |
| Quantidade de resíduos produzidos | 0,430166       |
| Aumento da vida útil do aterro    | 0,936321       |
| Inserção de catadores             | 0,583114       |
| Educação ambiental                | 1,68833        |
| Custo do investimento             | 2,08674        |
| Prazo de implantação              | 0,212323       |
| Viabilidade da venda de material  | 1,92305        |

Figura 107 – Vetor coluna C, de acordo com os sub-critérios definidos (Fonte: o pesquisador, 2017)

Para comparação a figura 108 apresenta o vetor B, na notação dos autores, que equivale ao vetor coluna, para o pesquisador.

|                                  | Vetor B |
|----------------------------------|---------|
| Tipos de resíduos produzidos     | 1,145   |
| Quantidade de RSU produzida      | 0,430   |
| Aumento da vida útil do aterro   | 0,936   |
| Inserção de catadores            | 0,583   |
| Educação ambiental               | 1,688   |
| Custo do investimento            | 2,087   |
| Prazo de implantação             | 0,212   |
| Viabilidade de venda do material | 1,923   |

Figura 108 – Vetor B, de acordo com os sub-critérios definidos (Fonte: Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012)

Em seguida, dividindo os valores do vetor coluna C (ou vetor B, conforme se queira) pelos correspondentes valores do vetor de prioridades médias locais/vetor médio das linhas, obtém-se o vetor D, que se apresenta na figura 109, e que na notação dos autores aparece como vetor C.

|                                   | Vetor D            |
|-----------------------------------|--------------------|
| Tipos de resíduos produzidos      | 9,25335123         |
| Quantidade de resíduos produzidos | 8,30981725         |
| Aumento da vida útil do aterro    | 8,65345373         |
| Inserção de catadores             | 8,41215846         |
| Educação ambiental                | 9,30096627         |
| Custo do investimento             | 8,93954453         |
| Prazo de implantação              | 8,44764065         |
| Viabilidade da venda de material  | 9,29261056         |
| <b>Soma</b>                       | <b>70,60954268</b> |

Figura 109 – Vetor D, de acordo com os sub-critérios definidos (Fonte: o pesquisador, 2017)

Para comparação a figura 110 apresenta o vetor C, na notação dos autores, que equivale ao vetor D, para o pesquisador.

|                                  | Vetor C |
|----------------------------------|---------|
| Tipos de resíduos produzidos     | 9,253   |
| Quantidade de RSU produzida      | 8,310   |
| Aumento da vida útil do aterro   | 8,653   |
| Inserção de catadores            | 8,412   |
| Educação ambiental               | 9,301   |
| Custo do investimento            | 8,940   |
| Prazo de implantação             | 8,448   |
| Viabilidade de venda do material | 9,293   |

Figura 110 – Vetor C, de acordo com os sub-critérios definidos (Fonte: Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012)

Agora, fazendo a média aritmética da soma dos elementos do vetor D, na notação do pesquisador, ou a média aritmética da soma dos valores do vetor C, na notação dos autores, chegamos a um valor extremamente importante que é o valor do auto-valor principal, ou auto-valor máximo,  $\lambda_{\text{máx}}$ .

Assim, o pesquisador chega a um valor de  $\lambda_{\text{máx}} = (70,60954268/8) = 8,826193$ , enquanto que os autores chegam a um valor de  $\lambda_{\text{máx}} = 8,826$  (o que aproximando à terceira casa decimal dá exatamente o mesmo).

Com os valores de  $\lambda_{\text{máx}}$  podem-se calcular os valores do índice de consistência, através da expressão:  $IC = ( \lambda_{\text{máx}} - n ) / ( n-1 )$ . Sendo n o número de ordem da matriz de julgamentos, no caso presente n=8 e o valor de IC, aproximado à terceira casa decimal, quer para o pesquisador quer para os autores vem igual a IC = 0,118.

Com o valor de IC, podemos finalmente passar para o cálculo da taxa relativa de inconsistência, CR, através da expressão:  $CR = IC / IR$ , sendo o IR o valor do índice randômico, que é um valor fixo e que pela tabela de Saaty anteriormente apresentada e para o caso de n=8 vale 1,41

Assim sendo, o valor de CR vem:  $CR = 0,118/1,41 = 0,0837 (=8,37\%)$ , que cumpre o critério de consistência de ter que ser no máximo igual a 10%.

Isso significa que os valores dos pesos admitidos/atribuídos nas comparações par a par feitas entre os critérios/sub-critérios na matriz de julgamentos/comparações A são coerentes, e a matriz é consistente. Como tal esses valores não precisam de ser revistos e os resultados do método ficam validados.

De seguida apresentaremos de novo o vetor de prioridades médias locais com os seus elementos ordenados decrescentemente para fazer algumas considerações.

|                                   | PML - ordenado decrescente (Vetor médio de prioridades/vetor prioridade média das linhas) |
|-----------------------------------|---|
| Custo do investimento             | 0,233428  |
| Viabilidade da venda de material  | 0,206944  |
| Educação ambiental                | 0,181522  |
| Tipos de resíduos produzidos      | 0,123686  |
| Aumento da vida útil do aterro    | 0,108202  |
| Inserção de catadores             | 0,069318  |
| Quantidade de resíduos produzidos | 0,051766  |
| Prazo de implantação              | 0,025134  |
| Soma                              | 1   |

Figura 111 – Vetor de prioridades médias locais ordenado decrescentemente, em razão dos sub-critérios adotados (Fonte: o pesquisador, 2017)

Percebe-se, pela figura 111, que os aspectos econômicos relacionados à implantação de programas de coleta seletiva ainda sobressaem-se aos demais critérios (veja-se que a soma dos sub-critérios custo do investimento e viabilidade de venda do material em conjunto representam quase metade da importância na escolha da implantação do programa de coleta seletiva, com cerca de 44%).

Nota-se ainda que tais iniciativas (coleta seletiva) demandam de amplo programa de educação ambiental da população, principalmente no que tange a segregação dos resíduos nas residências (o sub-critério educação ambiental aparece logo em terceiro lugar no grau de importância da escolha da implantação do programa de coleta seletiva, com uma importância de 18,15%).

A inserção de catadores, tida à partida como uma vantagem social da coleta seletiva, acaba recebendo pouco enfoque (aparece apenas na sexta posição entre os oito sub-critérios, com uma importância de 6,93%), uma vez que somente esta ação não é suficiente na retirada de tais trabalhadores de áreas de risco como são os lixões, considerando ainda que outros aspectos mostram-se mais relevantes que este no dimensionamento do sistema de coleta seletiva.

Já a identificação do tipo de resíduos produzido é essencial (aparece em quarto lugar de importância entre os oito sub-critérios, com um peso de 12,37%), uma vez que se não houver produção significativa de material reciclável na geração de RSU, a coleta seletiva não será uma alternativa viável.

Outro aspecto ambiental que chama a atenção na avaliação é o aumento da vida útil de aterros sanitários (ocupa a quinta posição em termos de importância entre os oito critérios, com um peso de 10,82%). Tal critério está também estritamente relacionado aos fatores econômicos, uma vez que, com menores quantidades de resíduos sendo encaminhados a estes locais de disposição, gastos despendidos com novas áreas serão eliminados.

Ainda de acordo com Martins, C.H, Padilha, D.J. e Veríssimo, R. (2012), o artigo permite afirmar a maior importância de critérios econômicos em relação aos demais quando se considera o dimensionamento de sistemas de coleta seletiva, salientando-se, porém, a necessidade de integração dos diversos aspectos relacionados a esta temática, para que se possa decidir por melhores alternativas sem desconsiderar nenhuma variável.

Segundo os autores, o método AHP foi considerado apto a avaliar os critérios associados à implantação de programas de coleta seletiva, por se demonstrar flexível e representar credibilidade e coerência por meio da obtenção da razão de consistência, sendo que o mesmo pode ser ainda utilizado em outras questões relacionadas à gestão de resíduos.

**3.4.1.2.3. – ARTIGO DA AUTORIA DE MARCHEZETTI, A.L; KAVISKI, E. e BRAGA, M.C.B., COM O TÍTULO“ APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA A HIERARQUIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DOMICILIARES”, PUBLICADO NA REVISTA“AMBIENTE CONSTRUÍDO”, NA EDIÇÃO DE ABRIL/JUNHO DE 2011**

O objetivo principal do artigo é o de identificar e hierarquizar/priorizar as alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos domiciliares (RD) na Região Metropolitana de Curitiba, que engloba os resíduos desse tipo referentes a 19 municípios.

Foi feito um levantamento total global diário dos resíduos domiciliares produzidos pela Região Metropolitana de Curitiba (cerca de 250 ton/dia) e foram identificadas 7 alternativas tecnológicas para tratamento dos mesmos: 1 – Gaseificação; 1 – Pirólise; 3 – Incineração; 4 – Plasma; 5 – Compostagem; 7 – Digestão Anaeróbia.

Sobre cada uma dessas alternativas tecnológicas foram levantadas uma série de informações, apresentadas em um quadro/resumo, e que diziam respeito a:

A) INSUMO – Qual a capacidade diária de tratamento de resíduos domiciliares de cada uma das 7 alternativas/tecnológicas (assumiu-se 250ton/dia para qualquer uma delas);

B) TIPOS DE PRODUTOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS – gerados por essas alternativas (perspetivando até eventualmente a comercialização/venda de alguns deles).

C) RESÍDUOS PARA ATERRO – gerados por cada uma das tecnologias/alternativas.

D) REDUÇÃO DE VOLUME – sobre o volume inicial dos resíduos, que cada tecnologia consegue proporcionar.

E) TEMPERATURA – Qual a faixa de temperaturas necessárias para poder operar cada uma das tecnologias/alternativas.

F) EMISSÕES PARA A ATMOSFERA – Quais os tipos de materiais (não apenas gases) que cada alternativa/tecnologia emite na/para a atmosfera.

G) PRAZO DE INSTALAÇÃO – Definido ativas/tecnologias.

H) CUSTO (R\$) – De investimento para instalação e para processamento daquela quantidade diária de 250 toneladas, que cada alternativa/tecnologia acarreta.

De forma mais detalhada, o quadro apresentado pelos autores a esse propósito foi o que consta da figura 112.

| Tecnologia           | Gaseificação   | Pirólise                        | Incineração   | Plasma  | Compostagem   | Reciclagem  | Digestão Anaeróbica   |
|----------------------|--|---------------------------------|---|---|---|---|---|
| Insumo               | 250 t/dia de resíduo   | 250 t/dia de resíduo            | 250 t/dia de resíduo  | 250 t/dia de resíduo  | 250 t/dia de resíduo  | 250 t/dia de resíduo  | 250 t/dia de resíduo  |
| Produto primário     | Syngás (gás de síntese); biomassa com umidade máxima de 15%  | Gases combustíveis, syngás      | Syngás e calor  | Escória inerente (vítreo), syngás                                 | Composto (possui de 1 a 3% de NPK)  | Reciclados  | Biogás (CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> )                                 |
| Produto secundário   | Combustíveis, produtos químicos e eletricidade   | Bióleo, carvão vegetal          | eletricidade, gás combustível   | Materiais inorgânicos (silicatos vítreos)                         | Materiais inorgânicos (metal, vidro, biomassa não degradável)                         | Materiais recicláveis sem possibilidade de reciclagem, pequena quantidade de matéria orgânica | Metais, vidros, biomassa não degradável, efluente líquido                   |
| Resíduos para aterro | cinzas, metais e escórias  | Char, cinzas, metais e escórias | Cinzas, metais e escórias   | Materiais inorgânicos (silicatos vítreos)                         | Materiais inorgânicos (metal, vidro, biomassa não degradável)                         | Materiais recicláveis sem possibilidade de reciclagem, pequena quantidade de matéria orgânica | Metais, vidros, biomassa não degradável, efluente líquido                   |
| Redução de volume    | Em até 90 do volume inicial  | Em até 90% do volume inicial    | Até 99% do volume inicial   | 99% do volume inicial   | a matéria orgânica diminui cerca de 20% a 30% do peso inicial e 40% do volume inicial | Em até 20% do volume de rejeitos a serem destinados aos aterros sanitários                    | a matéria orgânica diminui em até 60% do volume inicial e peso de 50% a 60% |
| Temperatura          | Temperatura máx. de 1200°C; temperatura de saída dos gases em torno de 500°C   | 300°C a 1600°C                  | Mínima de 750°C e máxima de 1200°C  | 3.000°C a 15.000°C  | 35°C a 70°C   |   | 55°C a 60°C   |
| Emissões atmosférica | CO <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> , Vapor de água, escória (silício – monolítico – metálico) | Cinzas e escórias               | CO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub> , N <sub>2</sub> , dioxinas, cinzas voláteis e resíduos sólidos que não se queimam (com equipamentos adequados para minimização das emissões, estes poluentes estarão com índice menor do que aquele determinado pelo órgão de controle ambiental), CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S e outros gases | Metano, monóxido e dióxido de carbono, hidrogênio e vapor de água | Compostagem aeróbica produz CO <sub>2</sub> e vapor de água                           |   | Produz CH <sub>4</sub> e H <sub>2</sub> S e outros gases                    |
| Prazo de instalação  | 1 ano  | 1 ano                           | 1 ano   | 1 ano   | 1 ano   | 1 ano   | 1 ano   |
| Custo (R\$)          | 20.000.000,00  |                                 | 35.000.000,00   | 300.000.000,00  | 10.000.000,00   | 8.000.000,00  | 25.000.000,00   |

Figura 112 – Critérios adotados para a hierarquização das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos domiciliares (Fonte: Marchezetti, A.L; Kaviski, E. e Braga, M.C.B. , 2011)



**MÉTODO DE PESQUISA** - A metodologia de pesquisa foi concebida em 4 etapas, a saber:

**1ª Etapa** – Identificar as alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento de resíduos domiciliares (RD);

**2ª Etapa** – Propor critérios gerais para a seleção hierárquica das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos domiciliares (RD);

**3ª Etapa** – Auferir/atribuir pesos aos critérios propostos para cada alternativa tecnológica disponível para tratamento dos RD.

**4ª Etapa** – Definir uma escala hierárquica das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos RD.

A seguir o artigo apresenta uma figura como resumo da metodologia, que é a que se apresenta na figura 113, mas que em termos de método AHP o pesquisador julga que poderia ser apresentada de uma forma ligeiramente diferente, pois a figura proposta pelos autores aparentemente coloca no mesmo nível de hierarquia critérios e alternativas.

Como uma outra possibilidade o pesquisador apresenta a figura 114 como proposta para a aplicação do método AHP neste problema específico.



Figura 113 – Representação esquemática para a definição de critérios e tecnologias para a determinação da hierarquia entre as alternativas para tratamento de RD (Fonte: Marchezetti, A.L; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., 2011)

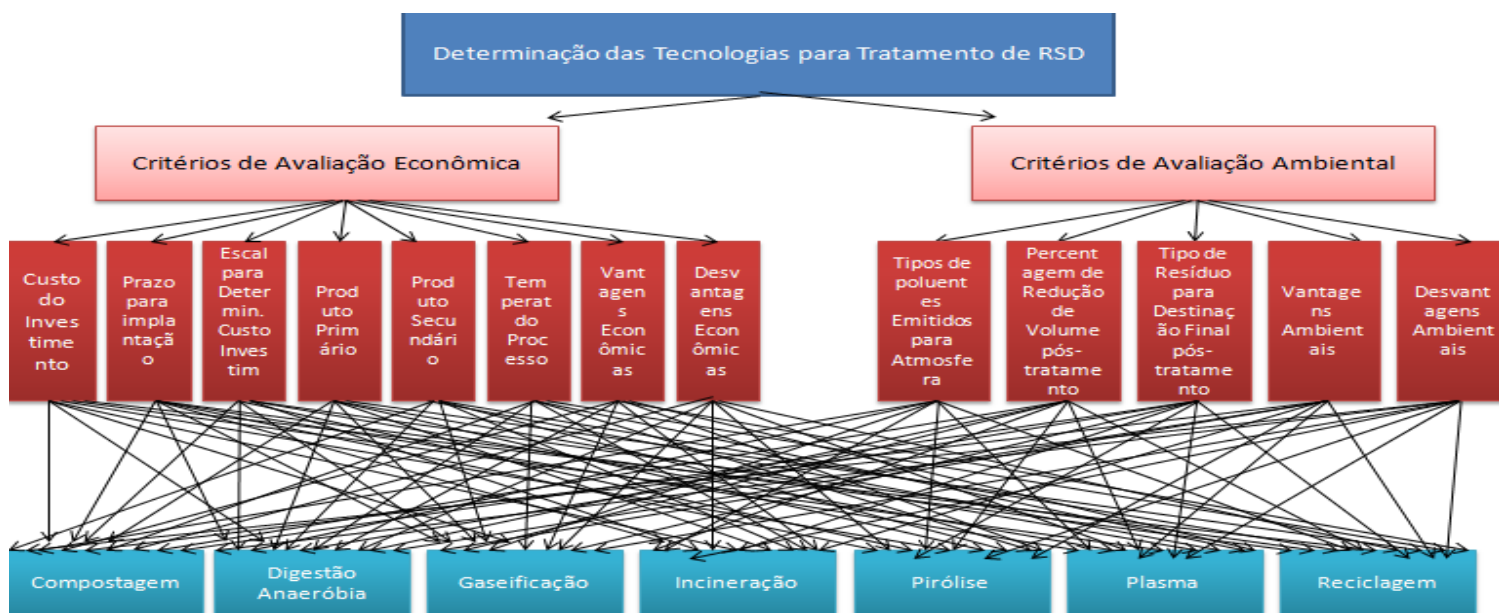


Figura 114 – Proposta de uma outra hierarquização de critérios e alternativas, para resolução do problema do artigo em questão (Fonte: o pesquisador, 2017)

**Observações:** Ao pesquisador parece que o artigo se encontra bastante enxuto, provavelmente por exigências de tamanho máximo para publicação na revista, não apresentando algumas partes que eventualmente seriam importantes para melhor compreensão do mesmo e do método. Por outro lado, e na humilde opinião do pesquisador, o desenvolvimento do método AHP que é apresentado foca muito no critério “Custo do Investimento”, quando na verdade o problema poderia, eventualmente, ser estratificado em níveis e subníveis de modo semelhante ao que anteriormente havia sido feito no artigo “Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para selecionar e priorizar projetos de gestão de portfólio”, de Vargas, R.V. (2010).

Desse modo, eventualmente poderia ter sido feita uma primeira matriz de julgamentos / comparações para par, atribuindo os pesos relativos a cada um dos “macro-critérios” (Critérios de Avaliação Econômica e Critérios de Avaliação Ambiental), para se poder chegar à importância relativa de cada um dos dois “macro-critérios” para a meta/objetivo do problema (Determinação/ Hieraquização das Tecnologias para tratamento de RD) => Matriz de Decisão Macro-critérios => Normalização dessa matriz de decisão => Determinação do vetor prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das pinhas para os Macro-critérios => Determinação do  $\lambda_{\text{máx}}$  => Cálculo do  $IC = ( \lambda_{\text{máx}} - n ) / ( n-1 )$  => Cálculo do  $CR = IC / IR$  (para verificar se cumpre a condição de ser inferior ou igual a 10%); aí, numa 2ª fase, far-se-ia o mesmo, fazendo comparações par a par num segundo nível, por assim dizer, mas apenas entre os critérios da mesma “família” (“família” Critérios de Avaliação

Econômica e “família” Critérios de Avaliação Ambiental) = > Novas Matrizes de comparações para a par (seriam 2 matrizes) => Normalização das mesmas => Determinação dos respectivos vetores de prioridades/vetores de eigen/vetores médios das linhas => Determinação dos respectivos valores de  $\lambda_{máx}$  => Determinação dos dois valores de **IC** => Determinação dos dois valores de **CR** (para verificar se eram menores ou iguais a 10%); e só então numa 3ª fase se fariam comparações par a par das alternativas/tecnologias para todos os critérios, fossem eles de avaliação econômica ou de avaliação ambiental => Nova matriz de comparações par a par, agora para cada par de alternativas/tecnologias e segundo a perspectiva de um determinada critério => Normalização dessas matrizes = > Novos vetores de prioridades = > Novos valores de  $\lambda_{máx}$  => Novos valores de **IC** => Novos valores de **CR**. Depois ainda teriam que ser feitas uma série de ponderações (somatórios de produtos entre as prioridades/importâncias das alternativas/tecnologias e os pesos de cada um dos critérios segundo os quais estavam sendo avaliadas), e só assim no final, ordenando o vetor ponderado de prioridades obtido para cada uma das alternativas/tecnologias, seria possível escolher a melhor tecnologia /alternativa, para tratamento dos RD.

Feito o levantamento para **custos de investimento/instalação e operacionalização (250tonel/dia de processamento de RD)** para cada umas das tecnologias disponíveis chegou-se aos seguintes valores:

GASEIFICAÇÃO = 20.000.000\$R (potência elétrica instalada de 6,5MW); PIRÓLISE = 15.000.000\$R; INCINERAÇÃO = 35.000.000\$R; PLASMA = 300.000.000\$R; COMPOSTAGEM = 10.000.000\$R; RECICLAGEM = 8.000.000\$R; DIGESTÃO ANAERÓBIA = 25.000.000\$R

Como **critérios adotados para avaliação/hierarquização de cada uma das tecnologias disponíveis foram definidos os seguintes:**

1 – Prazo de implantação ; 2 – 250 tonel/dia tratado; 3 – Custo do investimento; 4 – Tipos de poluentes emitidos; 5 – Produto primário; 6 – Produto secundário; 7 – Vantagens; 8 – Desvantagens; 9 - % de redução do volume dos resíduos pós-tratamento; 10 – Tipo de resíduos enviados para aterro; 11 – temperatura do processo;

Para consideração das vantagens e desvantagens de cada uma das alternativas/tecnologias, os autores apresentaram o quadro da figura 115

| TECNOLOGIA         | VANTAGENS  | DESVANTAGENS  |
|--------------------|--|---|
| Gaseificação       | O gás gerado pode ser convertido em energia; pode diminuir a dependência de combustíveis fósseis; eliminação de patógenos; emite baixa concentração de particulados; o combustível resultante é limpo; aumenta a produção de hidrogênio e de monóxido de carbono; e diminui a produção de dióxido de carbono   | Tecnologia pouco difundida; baixo rendimento de energia se houver muita umidade no resíduo domiciliar; de operação mais difícil do que a queima direta; deve ser tomado cuidado com o vazamento de gases tóxicos  |
| Pirólise           | Obtenção de energia de fácil transporte e armazenamento em relação à incineração; baixa emissão de particulados; não produz dioxinas e furanos; eliminação de patógenos  | Não há um desenvolvimento industrial significativo, pois os resíduos acabam sendo incinerados indiretamente   |
| Incineração        | Produção de gás de síntese; redução drástica do volume e da massa do resíduo a ser descartado; redução do impacto ambiental; recuperação e geração de energia; eliminação de patógenos; cinzas podem ser reclassificadas como não perigosas; as usinas termelétricas híbridas (UTH) minimizam a emissão dos gases de efeito estufa; os incineradores atuais estão inseridos no conceito de recuperação de recursos | Elevado custo de investimento, de manutenção, de operação e monitoramento; requer mão de obra especializada; pode necessitar de combustível auxiliar; o sistema pode gerar produtos tão ou mais perigosos quanto o próprio resíduo quando mal operado   |
| Plasma             | Não geração de dioxinas e furanos; produção de gás de síntese, mais uniforme do que o gás gerado pela incineração; redução do volume de resíduos em proporção superior a 99%; eliminação de patógenos  | Alto investimento na implantação, operação e manutenção; gases gerados após a combustão são tão poluentes quanto os gerados na incineração; sistema de lavagem de gases sofisticado; não há nenhuma garantia de não emissão de dioxinas e furanos, apesar da alta temperatura de operação do sistema  |
| Compostagem        | Valorização dos resíduos; meio econômico para recuperar recursos; quando aplicado no solo, o composto pode melhorar sua estrutura; em função da temperatura de operação, pode eliminar patógenos; permite a reciclagem da matéria orgânica   | Necessita grandes áreas para a implantação em grande escala; pode liberar odores se as condições aeróbias não forem mantidas; qualidade do composto varia em função do tipo de resíduo; comercialização limitada; tamanho das partículas pode diminuir a eficiência do processo e a qualidade de composto; mistura inadequada pode afetar a eficiência do processo; dependência da reciclagem para melhorar a qualidade do composto produzido |
| Reciclagem         | Valorização dos resíduos; minimização da utilização de fontes naturais, utilização mais racional dos recursos naturais; geração de emprego e renda; componente importante do processo de logística reversa   | A coleta seletiva pode ser pouco eficiente; os materiais recicláveis podem ser contaminados, diminuindo seu valor comercial de venda; baixa demanda para compra de recicláveis; ausência de infraestrutura e incentivos públicos  |
| Digestão Anaeróbia | Valorização dos resíduos; possibilidade de produção de elevadas quantidades de energia; permite a reciclagem da matéria orgânica e o aproveitamento energético; pode eliminar patógenos  | Variação na composição gravimétrica dos resíduos acarretará ineficiência do processo; em sistemas contínuos pode ocorrer obstruções da canalização por pedaços maiores de resíduos; mistura inadequada dos resíduos e do lodo de esgoto, utilizado como inóculo, pode afetar a eficiência do processo; está associada à geração de maus odores; pode gerar resíduos líquidos que necessitarão de tratamento                                   |

Figura 115 – Vantagens e desvantagens das tecnologias consideradas para tratamento de resíduos domiciliares (Fonte: Marchezetti, A.L; Kaviski, E. e Braga, M.C.B. , 2011)

De salientar que, para a implantação das alternativas tecnológicas disponíveis, além dos critérios referidos imediatamente acima para avaliação de cada tecnologia, também devem ser conhecidos a quantidade e composição dos resíduos gerados, a legislação em vigor, a aceitação da comunidade e o nível de comercialização para os resíduos dos processos.

Portanto, aqui chegados já foram cumpridas as duas primeiras etapas da metodologia de pesquisa referida no artigo, quais sejam:

**1ª Etapa** – Identificar as alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento de resíduos domiciliares (RD);

**2ª Etapa** – Propor critérios gerais para a seleção hierárquica das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos domiciliares (RD);

No que se refere à terceira etapa os autores referem simplesmente: “...Nesta etapa, para cada alternativa tecnológica considerada, foram auferidos pesos aos critérios adotados. Essa condição visou à proposição de uma forma de avaliação hierárquica das tecnologias disponíveis em função de sua relevância e do eventual sucesso da implantação do processo. Para tanto, aplicou-se o método de análise multicritério AHP (Processo Analítico Hierárquico), conforme definido por Saaty. T.L. (1991).” E em seguida os autores passam para a apresentação genérica do método AHP, citando Lai *et al.* (1999).

Observação: Na verdade o pesquisador pressupõe que inversamente se trate de atribuir pesos (comparações para a par) entre as várias combinações de tecnologias duas a duas (par a par), e segundo cada um dos critérios de avaliação que foram definidos anteriormente, o que daria origem neste caso à construção de 11 matrizes (11 critérios definidos) A (matrizes de comparações/julgamentos para a par) de ordem 7 (7 tecnologias/alternativas disponíveis para tratamento dos RD), as quais depois seriam normalizadas, e calculados os respectivos vetores de prioridades/vetores de Eigen/vetores médios das linhas, para avaliação da importância de cada uma das tecnologias dentro de cada um dos critérios. Embora isso tivesse a pressuposição que algo de semelhante já tivesse que ter sido feito em relação aos próprios critérios em si (comparações dos critérios para a par em matrizes de julgamentos também), para se conseguir depois chegar à importância/prioridade de cada um desses critérios para a meta global do problema que é a da escolha da alternativa/tecnologia a ser implantada.

Dentro da apresentação genérica que é feita do método AHP, e seguindo Lai *et al.* (1999), os autores apresentam uma figura que traduz a hierarquia genérica do método AHP semelhante à que já aqui foi apresentada no texto na figura 37, mas que no caso teria que ser adaptada em função do número de critérios (onze) e de alternativas (sete) do problema presente. Assim como apresentam a escala fundamental de comparações de Saaty, que também aqui já foi apresentada no texto na figura 5, apenas com um aspecto um tudo ou nada diferente.

Mais à frente e ainda durante a exposição da terceira etapa do método AHP os autores referem: “...O método AHP avalia a importância relativa dos critérios, compara as alternativas para cada critério, que, nesse caso, são as alternativas tecnológicas de tratamento de RD, além de determinar uma escala em ordem decrescente para as alternativas consideradas.” E continuam ao referir “Os pesos foram auferidos a uma sequência de comparação por pares de tecnologia, ou seja, uma tecnologia em

**relação a outra, para os 11 critérios adotados** (custo do investimento, prazo para implantação, escala para a determinação dos custos de investimento, produto primário, produto secundário, temperatura do processo, tipo(s) de poluente(s) emitidos para a atmosfera, porcentagem de redução de volume pós-tratamento, tipo de resíduo para a destinação final pós-tratamento, vantagens e desvantagens). A parte sublinhada e a negrito neste parágrafo mais reforça a observação que o pesquisador havia feito mais acima no texto a propósito da terceira etapa do método.

No que refere à quarta etapa da metodologia os autores afirmam “...esta etapa consolidou a importância deste trabalho. Nesse ponto definiu-se uma escala hierárquica das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos domiciliares, da mais adequada para a menos adequada, a partir da somatória dos pesos auferidos a cada critério de seleção para cada alternativa.”

Observação: O que o pesquisador pressupõe que se queira dizer como texto é que essa escala hierárquica das alternativas resulte da somatória dos produtos entre a importância da alternativa dentro de cada um dos critérios, pela importância relativa do critério no atingir da meta global do problema (que é a escolha da tecnologia de tratamento de RD).

Ainda na explanação desta quarta etapa do método os autores apresentam uma figura que traduz melhor o tipo de metodologia que seguiram e que aqui no texto se trata da figura 116.

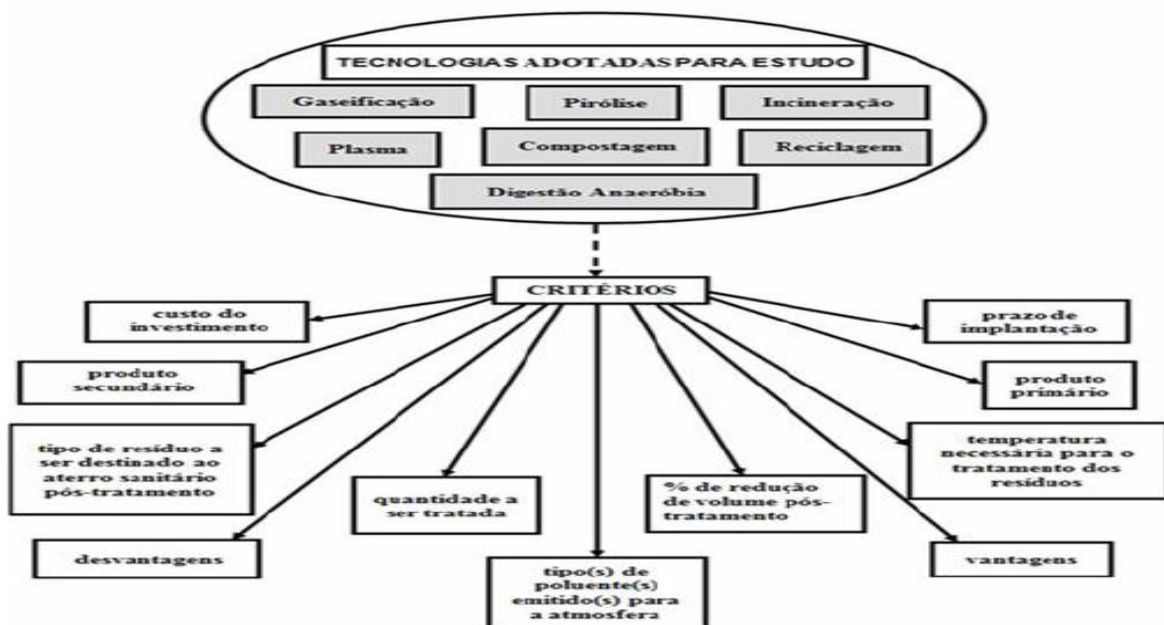


Figura 116 – Critérios adotados para a hierarquização das tecnologias de tratamento de RD (Fonte: Marchezetti, A.L; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., 2011)

Mais adiante, já na fase de Resultados do artigo, os autores apresentam um item específico relativo aos “Cálculos realizados para determinar a matriz peso W em função do critério “custo do investimento”. Ou seja, os cálculos para determinar o vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas, das várias tecnologias, dentro do “critério custo de investimento”.

Mas a verdade é que faltaria fazer o mesmo para os outros 10 critérios, assim como faltaria antes disso ter feito o próprio cálculo do vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas, de cada um dos 11 critérios para a meta global do problema. Ainda assim aproveitaremos o raciocínio desenvolvido especificamente para este critério do “custo de investimento”.

Portanto, os autores começam por nos apresentar a matriz de comparações/julgamentos das várias tecnologias/alternativas, matriz A, definida especificamente para o critério “custo de investimento”, que é a da figura 117.

Tabela 1 - Matriz A - critério: custo do investimento

| <b>Tecnologia</b> | <b>Pesos</b> |             |             |              |              |              |              |
|-------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Reciclagem        | <b>1,00</b>  | 1,70        | 3,70        | 4,70         | 5,70         | 6,70         | 7,70         |
| Compostagem       | 0,59         | <b>1,00</b> | 3,50        | 4,50         | 5,50         | 6,50         | 7,50         |
| Pirólise          | 0,27         | 0,29        | <b>1,00</b> | 1,60         | 2,60         | 5,60         | 7,20         |
| Gaseificação      | 0,21         | 0,22        | 0,63        | <b>1,00</b>  | 2,20         | 5,40         | 6,90         |
| Digestão aeróbia  | 0,18         | 0,18        | 0,38        | 0,45         | <b>1,00</b>  | 5,20         | 6,70         |
| Incineração       | 0,15         | 0,15        | 0,18        | 0,19         | 0,19         | <b>1,00</b>  | 6,60         |
| Plasma            | 0,13         | 0,13        | 0,14        | 0,14         | 0,15         | 0,15         | <b>1,00</b>  |
| <b>SOMA</b>       | <b>2,53</b>  | <b>3,68</b> | <b>9,53</b> | <b>12,58</b> | <b>17,34</b> | <b>30,55</b> | <b>43,60</b> |

Figura 117 – Matriz de comparações par a par/julgamentos, entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento (Fonte: Marchezetti, A.L.; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., 2011)

Observações: Em relação a esta matriz de referir duas coisas. Primeiro o fato dos autores já terem feito o cálculo da soma de cada uma das colunas da matriz para preparar o procedimento de normalização da mesma. E em segundo lugar, o fato de pela primeira vez estarmos em presença de um artigo em que os pesos atribuídos, em vez de serem números variando entre 1/9; 1;7; 1/5; 1/3; 1; 3; 5; 7; 9 ou valores inteiros ou fracionários entermediários a estes, se apresentarem como “pesos decimais”.

A seguir, e na continuação da aplicação dos passos do método AHP, Marchezetti, A.L.; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., (2011), apresentam-nos a matriz da figura anterior já normalizada, que é a da figura 118



Tabela 2 - Matriz A' derivada da Matriz A - critério: custo do investimento

| <b>Tecnologia</b>  | <b>Matriz A'</b> |       |       |       |       |       |       | <b>Soma</b>  |
|--------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Reciclagem         | 0,396            | 0,462 | 0,388 | 0,373 | 0,329 | 0,219 | 0,177 | <b>2,345</b> |
| Compostagem        | 0,233            | 0,272 | 0,367 | 0,358 | 0,317 | 0,213 | 0,172 | <b>1,932</b> |
| Pirólise           | 0,107            | 0,078 | 0,105 | 0,127 | 0,150 | 0,183 | 0,165 | <b>0,915</b> |
| Gaseificação       | 0,084            | 0,060 | 0,066 | 0,079 | 0,127 | 0,177 | 0,158 | <b>0,752</b> |
| Digestão anaeróbia | 0,069            | 0,049 | 0,040 | 0,036 | 0,058 | 0,170 | 0,154 | <b>0,577</b> |
| Incineração        | 0,059            | 0,042 | 0,019 | 0,015 | 0,011 | 0,033 | 0,151 | <b>0,330</b> |
| Plasma             | 0,051            | 0,036 | 0,015 | 0,012 | 0,009 | 0,005 | 0,023 | <b>0,150</b> |

Figura 118 – Matriz **normalizada** de comparações par a par/julgamentos entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento (Fonte:

Marchezetti, A.L; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., 2011)

Observação: Veja-se que na matriz da figura 118 aparece já o valor soma de cada uma das linhas da matriz normalizada, pois o vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas, em cada uma das suas linhas, não é mais que o resultado do cálculo da média aritmética da soma dos elementos de cada uma das correspondentes linhas da matriz normalizada, A'.

E dessa forma os autores chegam ao vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas, das várias tecnologias em relação ao critério “custo de investimento”, que é o que se apresenta na figura 119.

Tabela 3 - Tecnologias e Matriz Peso (W)

| <b>Tecnologia</b>  | <b>Peso</b>  |
|--------------------|--------------|
| Reciclagem         | <b>0,335</b> |
| Compostagem        | <b>0,276</b> |
| Pirólise           | <b>0,131</b> |
| Gaseificação       | <b>0,107</b> |
| Digestão anaeróbia | <b>0,082</b> |
| Incineração        | <b>0,047</b> |
| Plasma             | <b>0,021</b> |

Figura 119 – Vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor média das linhas, das várias tecnologias relativamente ao critério “custo do investimento” (Fonte: Marchezetti, A.L;

Kaviski, E. e Braga, M.C.B., 2011)

Por uma questão de treino e conferência dos resultados o pesquisador, usando os mesmos dados apresentados pelos autores para a matriz A de comparações para a par inicial, chegou aos resultados que constam nas figuras 120, 121 e 122.



| Matriz A - Custo do Investimento |            |             |          |              |                    |             |        |
|----------------------------------|------------|-------------|----------|--------------|--------------------|-------------|--------|
|                                  | Reciclagem | Compostagem | Pirólise | Gaseificação | Digestão Anaeróbia | Incineração | Plasma |
| Reciclagem                       | 1          | 1,7         | 3,7      | 4,7          | 5,7                | 6,7         | 7,7    |
| Compostagem                      | 0,59       | 1           | 3,5      | 4,5          | 5,5                | 6,5         | 7,5    |
| Pirólise                         | 0,27       | 0,29        | 1        | 1,6          | 2,6                | 5,6         | 7,2    |
| Gaseificação                     | 0,21       | 0,22        | 0,63     | 1            | 2,2                | 5,4         | 6,9    |
| Digestão Anaeróbia               | 0,18       | 0,18        | 0,38     | 0,45         | 1                  | 5,2         | 6,7    |
| Incineração                      | 0,15       | 0,15        | 0,18     | 0,19         | 0,19               | 1           | 6,6    |
| Plasma                           | 0,13       | 0,13        | 0,14     | 0,14         | 0,15               | 0,15        | 1      |
| Soma                             | 2,53       | 3,67        | 9,53     | 12,58        | 17,34              | 30,55       | 43,6   |

Figura 120 – Matriz de comparações par a par/julgamentos, entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento (Fonte: o pesquisador, 2017)

| Matriz A' (normalizada) - Custo do Investimento |            |             |          |              |                    |             |        |            |
|---|------------|-------------|----------|--------------|--------------------|-------------|--------|------------|
|   | Reciclagem | Compostagem | Pirólise | Gaseificação | Digestão Anaeróbia | Incineração | Plasma | SOMA LINHA |
| Reciclagem                                      | 0,395      | 0,463       | 0,388    | 0,374        | 0,329              | 0,219       | 0,177  | 2,345      |
| Compostagem                                     | 0,233      | 0,272       | 0,367    | 0,358        | 0,317              | 0,213       | 0,172  | 1,933      |
| Pirólise  | 0,107      | 0,079       | 0,105    | 0,127        | 0,150              | 0,183       | 0,165  | 0,916      |
| Gaseificação                                    | 0,083      | 0,060       | 0,066    | 0,079        | 0,127              | 0,177       | 0,158  | 0,750      |
| Digestão Anaeróbia                              | 0,071      | 0,049       | 0,040    | 0,036        | 0,058              | 0,170       | 0,154  | 0,577      |
| Incineração                                     | 0,059      | 0,041       | 0,019    | 0,015        | 0,011              | 0,033       | 0,151  | 0,329      |
| Plasma  | 0,051      | 0,035       | 0,015    | 0,011        | 0,009              | 0,005       | 0,023  | 0,149      |
| Soma Coluna                                     | 1,000      | 1,000       | 1,000    | 1,000        | 1,000              | 1,000       | 1,000  |            |

Figura 121 – Matriz normalizada de comparações par a par/julgamentos, entre as várias tecnologias/alternativas, e segundo o critério custo do investimento (Fonte: o pesquisador, 2017)

Observação: Podem-se notar algumas diferenças de valores a nível da segunda ou terceira casa decimal, entre as matrizes normalizadas achadas pelos autores e pelo pesquisador, mas não se trata de nada significativo.

| Critério - Custo do Investimento |   |
|----------------------------------|---|
| TECNOLOGIA                       | Vetor de prioridades/vetor média das linhas (W) |
| Reciclagem                       | 0,335   |
| Compostagem                      | 0,276   |
| Pirólise                         | 0,131   |
| Gaseificação                     | 0,107   |
| Digestão Anaeróbia               | 0,082   |
| Incineração                      | 0,047   |
| Plasma                           | 0,021   |
| Soma                             | 1,000   |

Figura 122 – Vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor média das linhas, das várias tecnologias relativamente ao critério “custo do investimento” (Fonte: o pesquisador, 2017)

O passo a seguir será o de determinar o valor do auto-valor principal, ou auto-valor máximo,  $\lambda_{\text{máx}}$ . Para isso, terá que se começar por achar o vetor coluna, C, que resulta de multiplicar matricialmente a matriz inicial de julgamentos não normalizada, A, pelo vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas, W.

No caso dos autores o resultado foi o que é apresentado na figura 123.

$$\begin{matrix}
 [A] & & [W] & & [C] \\
 \left( \begin{array}{cccccccc}
 1,00 & 1,70 & 3,70 & 4,70 & 5,70 & 6,70 & 7,70 \\
 0,59 & 1,00 & 3,50 & 4,50 & 5,50 & 6,50 & 7,50 \\
 0,27 & 0,29 & 1,00 & 1,60 & 2,60 & 5,60 & 7,20 \\
 0,21 & 0,22 & 0,63 & 1,00 & 2,20 & 5,40 & 6,90 \\
 0,18 & 0,18 & 0,38 & 0,45 & 1,00 & 5,20 & 6,70 \\
 0,15 & 0,15 & 0,18 & 0,19 & 0,19 & 1,00 & 6,60 \\
 0,13 & 0,13 & 0,14 & 0,14 & 0,15 & 0,15 & 1,00
 \end{array} \right) & \times & \left( \begin{array}{c}
 0,335 \\
 0,276 \\
 0,131 \\
 0,107 \\
 0,082 \\
 0,047 \\
 0,021
 \end{array} \right) & = & \left( \begin{array}{c}
 2,743 \\
 2,334 \\
 1,104 \\
 0,905 \\
 0,679 \\
 0,340 \\
 0,155
 \end{array} \right)
 \end{matrix}$$

Figura 123 – Determinação e resultado do cálculo do vetor coluna C (Fonte: Marchezetti, A.L; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., 2011)

Já para o pesquisador, o resultado obtido para o vetor coluna C foi aquele que se apresenta na figura 124.

| Custo do Investimento     |
|---------------------------|
| <b>Vetor coluna ( C )</b> |
| 2,739                     |
| 2,331                     |
| 1,102                     |
| 0,901                     |
| 0,676                     |
| 0,337                     |
| 0,153                     |

Figura 124 – Determinação e resultado do cálculo do vetor coluna C (Fonte: o pesquisador, 2017)

Observação: Uma vez mais resultam algumas diferenças de valores a nível da segunda ou terceira casas decimais entre o vetor coluna obtido pelos autores e o obtido pelo pesquisador, mas diferenças não significativas.

O próximo passo é o do cálculo do auto-valor principal, ou auto-valor máximo,  $\lambda_{\text{máx}}$ , que resulta de dividir cada um dos elementos do vetor coluna C pelo correspondente elemento do vetor de prioridades/vetor médio das linhas W, o que conduzirá a um novo vetor do tipo (7 x 1), e depois calcular a média aritmética da soma de todos os elementos desse novo vetor, que por hipótese se chamará vetor D.

Os autores fizeram isso de forma direta e chegaram a um valor de  $\lambda_{\text{máx}}$  de 8,030. O pesquisador fez os cálculos matricialmente, dividindo o vetor coluna C que obtivera pelo vetor W que obtivera também e começou por chegar ao vetor D que consta na figura 125

| Custo do Investimento |      |
|-----------------------|------|
| Vetor D (= C/W)       |      |
| 8,178                 |      |
| 8,443                 |      |
| 8,419                 |      |
| 8,405                 |      |
| 8,192                 |      |
| 7,163                 |      |
| 7,295                 |      |
| 56,096                | Soma |

Figura 125 – Vetor D = C / W (Fonte: o pesquisador, 2017)

Dividindo agora aquele valor soma de todos os elementos de D, e que é 56,096 por 7 que é o número de elementos do vetor, para achar a média aritmética, o pesquisador chega assim ao valor de  $\lambda_{\text{máx}} = 8,014$ .

A partir daí e para calcular o valor do índice de consistência, IC, é só aplicar a expressão:

$$IC = ( (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n-1) )$$

Como neste caso temos uma matriz de ordem 7,  $n = 7$  e os autores chegam ao valor de IC de 0,172. Já para o pesquisador o valor de IC deu 0,169.

Tendo em consideração que o valor do índice randômico, IR, para  $n = 7$  é de 1,32, e usando a expressão  $CR = IC / IR$  para determinar o valor da taxa relativa de inconsistência, CR, os autores chegariam a um valor de  $CR = 0,130$  (= 13%), enquanto o pesquisador chega a um valor de CR de 12,8%. Em ambos os casos esses valores violam o valor máximo admissível para CR, que é de 10%, e isso portanto significa que os pesos admitidos nas matrizes de comparações par a par teriam que ser revistos em qualquer dos casos.

Seja como for os autores chegaram aos valores das prioridades de cada uma das tecnologias segundo cada um dos critérios que se apresenta na figura 126, e somando os pesos de cada tecnologia segundo todos os critérios é possível hierarquizar as mesmas e determinar qual a melhor para efeitos de implantação. Será aquela cujo valor soma de importâncias no conjunto de todos os critérios apresentar um valor maior.

Tabela 4 - Resultado final da Matriz Peso (W) - Hierarquização das alternativas tecnológicas consideradas para o tratamento de RSD

| <b>Crítérios &amp; Tecnologias</b> | <b>Reciclagem</b> | <b>Compostagem</b> | <b>Pirólise</b> | <b>Plasma</b> | <b>Gaseificação</b> | <b>Digestão Anaeróbica</b> | <b>Incineração</b> |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|---------------|---------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>Prazo de Implantação</b>        | 0,143             | 0,143              | 0,143           | 0,143         | 0,143               | 0,143                      | 0,143              |
| <b>250 t/d Tratado</b>             | 0,143             | 0,143              | 0,143           | 0,143         | 0,143               | 0,143                      | 0,143              |
| <b>Custo do Investimento</b>       | 0,335             | 0,276              | 0,131           | 0,021         | 0,107               | 0,082                      | 0,047              |
| <b>Emissão de Poluentes</b>        | 0,478             | 0,187              | 0,087           | 0,040         | 0,087               | 0,081                      | 0,040              |
| <b>Produto Primário</b>            | 0,345             | 0,069              | 0,130           | 0,142         | 0,095               | 0,076                      | 0,040              |
| <b>Produto Secundário</b>          | 0,438             | 0,134              | 0,092           | 0,074         | 0,092               | 0,097                      | 0,074              |
| <b>Vantagens</b>                   | 0,423             | 0,165              | 0,122           | 0,051         | 0,097               | 0,078                      | 0,063              |
| <b>Desvantagens</b>                | 0,410             | 0,210              | 0,091           | 0,050         | 0,072               | 0,056                      | 0,111              |
| <b>Redução de Volume</b>           | 0,021             | 0,053              | 0,130           | 0,431         | 0,130               | 0,102                      | 0,132              |
| <b>Resíduos para Aterro</b>        | 0,356             | 0,221              | 0,103           | 0,066         | 0,095               | 0,110                      | 0,051              |
| <b>Temperatura</b>                 | 0,396             | 0,258              | 0,072           | 0,018         | 0,074               | 0,122                      | 0,060              |
| <b>Resultado Final</b>             | <b>3,488</b>      | <b>1,860</b>       | <b>1,243</b>    | <b>1,178</b>  | <b>1,135</b>        | <b>1,091</b>               | <b>1,005</b>       |

Figura 126 – Prioridades de cada uma das tecnologias segundo cada um dos critérios considerados (Fonte: Fonte: Marchezetti, A.L; Kaviski, E. e Braga, M.C.B., 2011)

De acordo com a figura, a tecnologia que se apresenta como a melhor a ser implantada é a da reciclagem, com um valor total de 3,488. A seguir, como segunda melhor viria a compostagem, com um valor total de 1,860 e por último, como a pior alternativa, a da incineração, que tem um peso total de 1,005.

Os autores concluem que os resultados do estudo permitiram concluir que o custo do investimento não é o fator determinante para que uma tecnologia obtenha uma colocação inferior na hierarquia de classificação, pois os custos de investimento poderão ser reduzidos com a recuperação e a venda da energia e dos subprodutos gerados no processo. Referem também que como resultado principal produziu-se uma ferramenta que permite simular cenários em função da alteração dos valores dos critérios adotados. Cada novo cenário possibilita a utilização da mesma metodologia aplicada à Região Metropolitana de Curitiba, como apoio à tomada de decisão em outras circunstâncias, específicas para cada município ou consórcio de municípios.

Cada cenário criado poderá possibilitar a utilização da metodologia aplicada no trabalho como apoio à tomada de decisão em outras circunstâncias. Assim, os critérios

adotados podem ser os mesmos adotados no trabalho, porém os pesos atribuídos serão diferentes para cada município ou região, o que resultará em uma hierarquia distinta.

Os pesos diferenciados estão diretamente relacionados à realidade local, devendo ser considerados, fundamentalmente, os investimentos potencialmente necessários; o relevo; a legislação em vigor, incluindo aspectos legais municipais, como, por exemplo, o Código de Posturas do Município e o Plano de Uso e Ocupação do Solo.

A cada novo cenário haverá a necessidade de se compararem as tecnologias em função de cada nova condição adotada, calculando-se novamente os pesos, a taxa de consistência, que deverá ser menor ou igual a 0,1, e, posteriormente, hierarquizar as tecnologias, produzindo um novo resultado.

#### **3.4.1.2.4. – ARTIGO DA AUTORIA DE BEN, F., COM O TÍTULO “UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP EM DECISÕES DE INVESTIMENTO AMBIENTAL”, PUBLICADO NO XXVI ENEGEP - FORTALEZA, CE, BRASIL, EM 2006**

Este artigo descreve o caso de uma empresa industrial que possuía vários possíveis projetos de natureza ambiental que poderiam ser implantados, e para isso aplicou o método AHP para definir qual o melhor projeto a ser implantado, visto que as variáveis ambientais usadas no ambiente fabril das organizações dizem respeito (têm componentes com) a vários critérios diferentes, onde várias dimensões devem ser avaliadas. Foi construída e avaliada uma matriz de critérios e depois foram analisadas as várias alternativas/projetos aos pares, para cada critério, definindo os respectivos pesos, e da ponderação total/global final dos vários pesos/prioridades obtidos por cada alternativa em cada critério (somando os pesos de cada uma em todos os critérios), chegou-se à melhor solução.

O artigo dá uma panorâmica geral sobre o método, enfatizando que serve para decisões financeiras associadas a atributos não-financeiros. Explica que permite traduzir/reduzir análises qualitativas e subjetivas a valores numéricos. Explica que permite reduzir estudos de sistemas extremamente intrincados a uma sequência de comparações aos pares de componentes adequadamente identificados. Apresenta a escala fundamental de avaliação de Saaty, de 1 a 9, que já é conhecida. Fala em comparações para a par em cada nível hierárquico (antes disso, é preciso construir os vários níveis da hierarquia), dando origem a matrizes de decisão quadradas.

Refere também que os problemas multicritério envolvem seis componentes:

A) Objetivo; B) Decisores; C) Conjunto de critérios de decisão; D) Conjunto de alternativas; E) Conjunto de estados da natureza (cenários ?); F) Consequências das

decisões. E que com isso, nas decisões em grupo, as preferências individuais podem ser combinadas de modo a resultar numa decisão do grupo.

ESTUDO DE CASO – Uma empresa industrial precisava decidir entre dois projetos vinculados à área ambiental e que estavam/foram apresentados para a mesma. Diante da incerteza apresentada em função da existência de três projetos, cada qual apresentando vantagens aparentes em relação aos demais, foi utilizada a metodologia proposta pelo AHP na definição do projeto a ser selecionado.

Para isso começaram por ser definidos os critérios que eram relevantes para a gestão ambiental da organização, e que foram:

1º CRITÉRIO – Necessidade de atendimento da Legislação por parte da empresa;

2º CRITÉRIO – Capacidade de proteção aos recursos naturais no projeto a ser implementado;

3º CRITÉRIO – Otimização das rotinas de produção;

4º CRITÉRIO – Capacidade de estimular ações internas de cunho ambiental, como a reciclagem ou a ecoeficiência;

A seguir tais critérios foram comparados de maneira párea entre si (os próprios critérios, não os projetos, ou seja, está-se a falar de um nível hierárquico acima) e isso dá origem a uma matriz de comparações/julgamentos/decisões entre os critérios, que se apresenta a seguir na figura 127.

| CRITÉRIOS                    | Atendimento à Legislação | Proteção ao Meio Ambiente | Otimizar Rotinas de Produção | Estimular Ações Internas |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Atendimento à Legislação     | 1,00                     | 3,00                      | 0,20                         | 5,00                     |
| Proteção ao Meio Ambiente    | 0,33                     | 1,00                      | 9,00                         | 3,00                     |
| Otimizar Rotinas de Produção | 5,00                     | 0,11                      | 1,00                         | 5,00                     |
| Estimular Ações Internas     | 0,20                     | 0,33                      | 0,20                         | 1,00                     |
| SOMA                         | 6,53                     | 4,44                      | 10,40                        | 14,00                    |

Figura 127 – Matriz de comparação dos critérios (Fonte: Fonte: Ben, F., 2006)

Observações: Veja-se que o autor já calculou os valores soma de cada uma das colunas da matriz, preparando assim o procedimento seguinte de normalização da matriz; veja-se também que aqueles valores/pesos de 0,33, 0,11 e 0,20 resultam de arredondar os valores da escala de Saaty que seriam respetivamente (1/3), (1/9) e (1/5). Nessa conformidade, o pesquisador preferiu trabalhar com a matriz com os pesos fracionários, mesmo, que é aquela que se apresenta na figura 128.

| CRITÉRIOS                    | Atendimento à Legislação | Proteção ao Meio Ambiente | Otimizar rotinas de Produção | Estimular ações internas |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Atendimento à Legislação     | 1,0000                   | 3                         | 1/5                          | 5                        |
| Proteção ao Meio Ambiente    | 1/3                      | 1                         | 9                            | 3                        |
| Otimizar rotinas de Produção | 5,0000                   | 1/9                       | 1                            | 5                        |
| Estimular ações internas     | 1/5                      | 1/3                       | 1/5                          | 1                        |
| SOMA                         | 6,5333                   | 4,4444                    | 10,4000                      | 14,0000                  |

Figura 128 – Matriz de comparação dos critérios (Fonte: o pesquisador, 2017)

O próximo passo, no desenvolvimento do método AHP, será normalizar essa matriz de pesos/comparações para a par dos critérios entre si. Assim, os autores chegaram à matriz normalizada da figura 129.

| CRITÉRIOS                    | Atendimento à Legislação | Proteção ao Meio Ambiente | Otimizar Rotinas de Produção | Estimular Ações Internas | Peso ( $\omega$ ) |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------|
| Atendimento à Legislação     | 0,1531                   | 0,6750                    | 0,0192                       | 0,3572                   | 0,3011            |
| Proteção ao Meio Ambiente    | 0,0510                   | 0,2250                    | 0,8654                       | 0,2143                   | 0,3389            |
| Otimizar Rotinas de Produção | 0,7653                   | 0,0250                    | 0,0962                       | 0,3571                   | 0,3109            |
| Estimular Ações Internas     | 0,0306                   | 0,0750                    | 0,0192                       | 0,0714                   | 0,0491            |
| SOMA                         | 1,0000                   | 1,0000                    | 1,0000                       | 1,0000                   |                   |

Figura 129 – Matriz normalizada de comparação dos critérios (Fonte: Ben, F., 2006)

**Observação:** Note-se, que o autor não só calculou a matriz normalizada de comparação dos critérios como já fez o cálculo do vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas, que não é mais do que o resultado de calcular a média aritmética da soma dos elementos de cada linha da matriz normalizada.

| CRITÉRIOS                    | Atendimento à Legislação | Proteção ao Meio Ambiente | Otimizar rotinas de Produção | Estimular ações internas | Vetor Priorid/Vetor méd das linhas (W) |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|--|
| Atendimento à Legislação     | 0,1531                   | 0,6750                    | 0,0192                       | 0,3571                   | 0,3011                                 |
| Proteção ao Meio Ambiente    | 0,0510                   | 0,2250                    | 0,8654                       | 0,2143                   | 0,3389                                 |
| Otimizar rotinas de Produção | 0,7653                   | 0,0250                    | 0,0962                       | 0,3571                   | 0,3109                                 |
| Estimular ações internas     | 0,0306                   | 0,0750                    | 0,0192                       | 0,0714                   | 0,0491                                 |
| SOMA                         | 1,0000                   | 1,0000                    | 1,0000                       | 1,0000                   |  |

Figura 130 – Matriz normalizada de comparação dos critérios (Fonte: o pesquisador, 2017)

Pode-se observar pelos valores da coluna do vetor de prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura acima que o critério que se revela mais prioritário na questão da análise de investimento ambiental da empresa é o critério da proteção ao meio ambiente, com uma prioridade relativa de 33,89%, seguido do critério da otimização das rotinas de produção, com uma prioridade relativa de 31,09%, depois o critério do atendimento à legislação, com uma prioridade relativa de 30,11%, e só por último o critério da estimular as ações internas, com uma prioridade relativa de 4,91%.

A seguir, no desenvolvimento do método AHP, passa-se para a fase da verificação da consistência da matriz de comparação dos critérios. Essa fase contempla vários passos,

o primeiro dos quais é o de se calcular o valor do auto-valor principal/auto-valor máximo,  $\lambda_{\text{máx}}$ . Para isso começa-se por se multiplicar matricialmente a matriz inicial de comparações par a par entre os critérios sem ser normalizada pelo vetor de prioridades/vetor médio das linhas (W), obtendo-se o que se designa por vetor coluna, C. Fazendo isso o autor chegou aos resultados que constam da figura 131 e o pesquisador aos da figura 132.

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Atendimento à Legislação     | 1,2814 |
| Proteção ao Meio Ambiente    | 0,8655 |
| Otimizar Rotinas de Produção | 1,7782 |
| Estimular Ações Internas     | 0,1812 |

Figura 131 – Valores do vetor coluna, C (Fonte: Ben, F., 2006)

| Vetor coluna ( C ) |
|--------------------|
| 1,6255             |
| 3,3847             |
| 2,0996             |
| 0,2845             |

Figura 132 – Valores do vetor coluna, C (Fonte: o pesquisador, 2017)

Observação: Comparando-se os valores desse vetor coluna C obtidos num e noutro caso constata-se que eles possuem diferenças significativas.

O passo a seguir é o de dividir os valores desse vetor coluna C pelos correspondentes valores do vetor de prioridades/vetor médio das linhas, obtendo um vetor que se pode designar de D. E já agora somar todos os elementos de D. E depois calcular a média da sua soma aritmética. Chega-se assim à determinação de um valor muito importante, que é o valor de  $\lambda_{\text{máx}}$ , que habitualmente é designado por auto-valor principal ou auto-valor máximo.

É o que o autor refere quando escreve “..Após isso, foi realizado o cálculo do *lâmbda* máximo ( $\lambda_{\text{máx}}$ ). Tal índice é determinado através da média dos valores obtidos através da divisão do valor de cada peso pelo valor de cada autovetor (w), o que resultou em  $\lambda_{\text{máx}}=4,0556$ .

| Vetor D (= C/W) |  |
|-----------------|--|
| 5,3983          |  |
| 9,9866          |  |
| 6,7532          |  |
| 5,7974          |  |
| 27,935          | Soma                                   |
| 6,9839          | $\lambda_{\text{máx}} = \text{Soma}/4$ |

Figura 133 – Valores do vetor D e de  $\lambda_{\text{máx}}$  (Fonte: o pesquisador, 2017)



Observação: Os valores de  $\lambda_{\text{máx}}$  obtidos pelo autor e pelo pesquisador são significativamente diferentes.

A partir do valor de  $\lambda_{\text{máx}}$  pode-se calcular o valor do índice de consistência, IC, através da expressão  $IC = ( (\lambda_{\text{máx}} - n ) / (n-1) )$ , sendo que neste caso  $n = 4$  (a matriz de comparações par a par entre critérios é uma matriz de ordem 4).

Aplicando a expressão o autor chegou a um valor de IC de 0,0185. Já o pesquisador chegou a um valor de IC de 0,9946 o que é **significativamente diferente**.

O passo a seguir é calcular a taxa relativa de inconsistência, CR, que é dada pela expressão:  $CR = IC / IR$ ; considerando que o índice randômico para uma matriz de ordem 4 é de 0,9 , Ben, F. (2006) chegaria a um valor de CR de 0,46% (que não é apresentado no artigo), o qual cumpriria com folga o valor máximo admissível de 10% para o valor de CR. Já o pesquisador chegou a um valor de  $CR = 1,105$  , que é um valor absolutamente inadmissível para CR, o que obrigaria a refazer todos os pesos atribuídos a cada um dos critérios na matriz de comparações par a par inicial.

A seguir, na metodologia AHP o que se tem que fazer é voltar ao início, por assim dizer, descendo um nível na hierarquia, e começando por comparar as alternativas/projetos, segundo a perspectiva de cada um dos critérios. Isso dará origem a 4 matrizes de comparações par a par, uma segundo cada critério.

O autor do artigo começou por construir essa matriz de comparações par a par entre as alternativas/projetos, segundo o critério do “atendimento à legislação”, chegando à matriz de comparações/pesos que consta na figura 134

|      | P1   | P2   | P3   |
|------|------|------|------|
| P1   | 1,00 | 3,00 | 0,14 |
| P2   | 0,33 | 1,00 | 5,00 |
| P3   | 7,00 | 0,20 | 1,00 |
| SOMA | 8,33 | 4,20 | 6,14 |

Figura 134 – Matriz de comparações para a par entre os projetos (P1, P2, P3) e segundo o critério atendimento à legislação (Fonte: Ben, F., 2006)

Para a mesma matriz o pesquisador trabalhou com os valores que constam na figura 135

| Critério - Atendimento à Legislação |        |      |      |
|-------------------------------------|--------|------|------|
| PROJETOS                            | P1     | P2   | P3   |
| P1                                  | 1,0000 | 3    | 1/7  |
| P2                                  | 1/3    | 1    | 5    |
| P3                                  | 7,0000 | 1/5  | 1    |
| SOMA                                | 25/3   | 21/5 | 43/7 |

Figura 135 – Matriz de comparações para a par entre os projetos (P1, P2, P3) e segundo o critério atendimento à legislação (Fonte: o pesquisador, 2017)

O passo a seguir é normalizar essa matriz de comparações par a par. O autor do artigo, aproveitou para calcular também o vetor de prioridades dos projetos segundo esse mesmo critério e chegou ao resultado da figura 136. O pesquisador chegou aos resultados que constam da figura 137.

|      | P1   | P2   | P3   | Peso ( $\omega$ ) |
|------|------|------|------|-------------------|
| P1   | 0,12 | 0,71 | 0,02 | 0,2858            |
| P2   | 0,04 | 0,24 | 0,82 | 0,3640            |
| P3   | 0,84 | 0,05 | 0,16 | 0,3501            |
| SOMA | 1,00 | 1,00 | 1,00 |                   |

Figura 136 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério atendimento à legislação (Fonte: Ben, F., 2006)

| Critério - Atendimento à Legislação |       |       |       |                                       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
| PROJETOS                            | P1    | P2    | P3    | Vetor Prorid/Vetor méd das linhas (W) |
| P1                                  | 3/25  | 15/21 | 1/43  | 0,2859                                |
| P2                                  | 1/25  | 5/21  | 35/43 | 0,3640                                |
| P3                                  | 21/25 | 1/21  | 7/43  | 0,3501                                |
| SOMA                                | 1     | 1     | 1     | 1,0000                                |

Figura 137 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério atendimento à legislação (Fonte: o pesquisador, 2017)

De acordo com os dados do vetor de prioridades que consta nas matrizes acima, pode-se concluir que o projeto P2 é o que apresenta uma maior importância/prioridade, no que diz respeito ao critério do atendimento à legislação, com um peso de 36,40% sobre a importância total desse critério, logo seguido do projeto P3, com uma importância relativa de 35,01% dentro desse critério.

A seguir construir-se-à a matriz de comparações para a par entre os projetos, agora segundo o critério “proteção ao meio ambiente”. Foi o que o autor e o pesquisador fizeram, tendo respectivamente trabalhado com as matrizes que se apresentam nas figuras 138 e 139.

| Critério - Proteção ao meio ambiente |      |       |      |
|--------------------------------------|------|-------|------|
| PROJETOS                             | P1   | P2    | P3   |
| P1                                   | 1,00 | 7,00  | 0,33 |
| P2                                   | 0,14 | 1,00  | 0,20 |
| P3                                   | 3,00 | 5,00  | 1,00 |
| SOMA                                 | 4,14 | 13,00 | 1,53 |

Figura 138 – Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério Proteção ao meio ambiente (Fonte: adaptado de Ben, F., 2006)

| Critério - Proteção ao meio ambiente |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|
| PROJETOS                             | P1     | P2     | P3     |
| P1                                   | 1,0000 | 7,0000 | 1/3    |
| P2                                   | 1/7    | 1,0000 | 1/5    |
| P3                                   | 3,0000 | 5,0000 | 1,0000 |
| SOMA                                 | 4 1/7  | 13,00  | 1 8/15 |

Figura 139 – Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério Proteção ao meio ambiente (Fonte: o pesquisador, 2017)

Normalizando as duas matrizes acima e já calculando o vetor de prioridades de cada um dos projetos segundo para o critério Proteção ao meio ambiente, o autor e o pesquisador obtiveram as matrizes que constam das figuras 140 e 141

|      | P1   | P2   | P3   | Peso ( $\omega$ ) |
|------|------|------|------|-------------------|
| P1   | 0,24 | 0,54 | 0,22 | 0,3324            |
| P2   | 0,03 | 0,08 | 0,13 | 0,0806            |
| P3   | 0,73 | 0,38 | 0,65 | 0,5870            |
| SOMA | 1,00 | 1,00 | 1,00 |                   |

Figura 140 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério proteção ao meio ambiente (Fonte: Ben, F., 2006)

| Critério - Proteção ao meio ambiente - Matriz normalizada dos Projetos |        |        |        |                                       |
|--|--------|--------|--------|---------------------------------------|
| PROJETOS   | P1     | P2     | P3     | Vetor Prorid/Vetor méd das linhas (W) |
| P1   | 0,2414 | 0,5385 | 0,2174 | 0,3324                                |
| P2   | 0,0345 | 0,0769 | 0,1304 | 0,0806                                |
| P3   | 0,7241 | 0,3846 | 0,6522 | 0,5870                                |
| SOMA   | 1      | 1      | 1      | 1,0000                                |

Figura 141 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério proteção ao meio ambiente (Fonte: o pesquisador, 2017)

De acordo com os dados do vetor de prioridades que consta nas matrizes acima, pode-se concluir que o projeto P3 é o que apresenta uma maior importância/prioridade, no que diz respeito ao critério proteção ao meio ambiente, com um peso de 58,70% sobre a importância total desse critério, logo seguido do projeto P1, com uma importância relativa de 33,24% dentro desse critério. Por último vem o projeto P2, com uma importância relativa dentro desse critério de apenas 8,06%.

A seguir construir-se-à a matriz de comparações para a par entre os projetos, agora segundo o critério “otimizar rotinas de produção”. Foi o que o autor e o pesquisador fizeram, tendo respetivamente trabalhado com as matrizes que se apresentam nas figuras 142 e 143.

|      | P1    | P2   | P3   |
|------|-------|------|------|
| P1   | 1,00  | 0,11 | 0,33 |
| P2   | 9,00  | 1,00 | 0,20 |
| P3   | 3,00  | 5,00 | 1,00 |
| SOMA | 13,00 | 6,11 | 1,53 |

Figura 142 – Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (Fonte: Ben, F., 2006)

| Critério - Otimizar rotinas de produção |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
| PROJETOS                                | P1     | P2     | P3     |
| P1                                      | 1,0000 | 1/9    | 1/3    |
| P2                                      | 9,0000 | 1,0000 | 1/5    |
| P3                                      | 3,0000 | 5,0000 | 1,0000 |
| SOMA                                    | 13,00  | 6 1/9  | 1 8/15 |

Figura 143 – Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Normalizando as duas matrizes acima e já calculando o vetor de prioridades de cada um dos projetos segundo para o critério “otimizar rotinas de produção”, o autor e o pesquisador obtiveram as matrizes que constam das figuras 144 e 145.

|      | P1   | P2   | P3   | Peso ( $\omega$ ) |
|------|------|------|------|-------------------|
| P1   | 0,08 | 0,02 | 0,22 | 0,1042            |
| P2   | 0,69 | 0,16 | 0,13 | 0,3288            |
| P3   | 0,23 | 0,82 | 0,65 | 0,5670            |
| SOMA | 1,00 | 1,00 | 1,00 |                   |

Figura 144 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (Fonte: Ben, F., 2006)

| Critério - Otimizar rotinas de produção - Matriz normalizada dos Projetos |        |        |        |                                       |
|---|--------|--------|--------|---------------------------------------|
| PROJETOS  | P1     | P2     | P3     | Vetor Prorid/Vetor méd das linhas (W) |
| P1  | 0,0769 | 0,0182 | 0,2174 | 0,1042                                |
| P2  | 0,6923 | 0,1636 | 0,1304 | 0,3288                                |
| P3  | 0,2308 | 0,8182 | 0,6522 | 0,5670                                |
| SOMA  | 1      | 1      | 1      | 1,0000                                |

Figura 145 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “otimizar rotinas de produção” (Fonte: o pesquisador, 2017)

De acordo com os dados do vetor de prioridades que consta nas matrizes acima, pode-se concluir que o projeto P3 é o que apresenta uma maior importância/prioridade, no

que diz respeito ao critério “otimizar rotinas de produção”, com um peso de 56,70% sobre a importância total desse critério, logo seguido do projeto P2, com uma importância relativa de 32,88% dentro desse critério. Por último vem o projeto P1, com uma importância relativa dentro desse critério de 10,42%.

Por último, construir-se-à a matriz de comparações para a par entre os projetos, agora segundo o critério “estimular ações internas”. Foi o que o autor e o pesquisador fizeram, tendo respectivamente trabalhado com as matrizes que se apresentam nas figuras 146 e 147.

|      | P1   | P2   | P3    |
|------|------|------|-------|
| P1   | 1,00 | 2,00 | 7,00  |
| P2   | 0,50 | 1,00 | 3,00  |
| P3   | 0,14 | 0,33 | 1,00  |
| SOMA | 1,64 | 3,33 | 11,00 |

Figura 146 – Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “estimular ações internas” (Fonte: Ben, F., 2006)

| Critério - Estimular ações internas |        |        |        |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| PROJETOS                            | P1     | P2     | P3     |
| P1                                  | 1,0000 | 2,0000 | 7,0000 |
| P2                                  | 1/2    | 1,0000 | 3,0000 |
| P3                                  | 1/7    | 1/3    | 1,0000 |
| SOMA                                | 1 9/14 | 3 1/3  | 11,00  |

Figura 147 – Matriz de comparações entre os projetos, no que refere ao critério “estimular ações internas” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Normalizando as duas matrizes acima e já calculando o vetor de prioridades de cada um dos projetos segundo para o critério “estimular ações internas”, o autor e o pesquisador obtiveram as matrizes que constam das figuras 148 e 149.

|      | P1   | P2   | P3   | Peso ( $\omega$ ) |
|------|------|------|------|-------------------|
| P1   | 0,61 | 0,60 | 0,64 | 0,6150            |
| P2   | 0,30 | 0,30 | 0,27 | 0,2924            |
| P3   | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,0926            |
| SOMA | 1,00 | 1,00 | 1,00 |                   |

Figura 148 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “estimular ações internas” (Fonte: Ben, F., 2006)

| Critério - Estimular ações internas - Matriz normalizada dos Projetos |       |      |      |                                       |
|---|-------|------|------|---------------------------------------|
| PROJETOS  | P1    | P2   | P3   | Vetor Prorid/Vetor méd das linhas (W) |
| P1  | 14/23 | 3/5  | 7/11 | 0,6150                                |
| P2  | 7/23  | 3/10 | 3/11 | 0,2924                                |
| P3  | 2/23  | 1/10 | 1/11 | 0,0926                                |
| SOMA  | 1     | 1    | 1    | 1,0000                                |

Figura 149 – Matriz normalizada de comparações entre os projetos e vetor prioridades das alternativas/vetor médio das linhas, no que refere ao critério “estimular ações internas” (Fonte: o pesquisador, 2017)

De acordo com os dados do vetor de prioridades que consta nas matrizes acima, pode-se concluir que o projeto P1 é o que apresenta uma maior importância/prioridade, no que diz respeito ao critério “estimular ações internas”, com um peso de 61,50% sobre a importância total desse critério, logo seguido do projeto P2, com uma importância relativa de 29,24% dentro desse critério. Por último vem o projeto P3, com uma importância relativa dentro desse critério de 9,26%.

**Definição da matriz de priorização global dos projetos** – Numa primeira análise, constata-se que de alguma forma todos os projetos se destacam em algum requisito/critério específico, o que poderia confundir um pouco para se conseguir determinar qual deles atende melhor, de maneira mais global/abrangente, o conjunto de todos os requisitos/critérios definidos/estipulados pela empresa.

Mas para chegarmos à conclusão de qual o projeto que atende melhor de forma global a meta definida pela empresa, deve-se proceder da seguinte forma:

- F) Ou seja: ( Peso Critério 1 x Peso Projeto 1 no Critério 1 ) + ( Peso Critério 2 x Peso Projeto 1 no Critério 2 ) + ( Peso Critério 3 x Peso Projeto 1 no Critério 3 ) + (Peso Critério 4 x Peso Projeto 1 no Critério 4) ; e repete-se este cálculo para os 3 projetos. O projeto que obtiver o maior valor desse seu respectivo somatório é o projeto mais importante para a persecução da meta global da empresa, aquele que deve ser escolhido.

Exemplifiquemos: quer pela figura 129 quer pela figura 130 temos

PESO DOS CRITÉRIOS:

- Atendimento à legislação = 30,11%
- Proteção ao Meio Ambiente = 33,89%
- Otimizar rotinas de produção = 31,09%
- Estimular ações internas = 4,91%

Observação: Note-se que a soma dos pesos dos critérios para a meta global dá 100%

Então o peso/importância do Projeto 1 para a meta global vem:  $0,3011 \times 0,2859 + 0,3389 \times 0,3324 + 0,3109 \times 0,1042 + 0,0491 \times 0,6150 = 26,13\%$ .

Já o peso/importância do Projeto 2 para a meta global vem:  $0,3011 \times 0,3640 + 0,3389 \times 0,0806 + 0,3109 \times 0,3288 + 0,0491 \times 0,2924 = 25,35\%$

O peso/importância do Projeto 3 para a meta global vem:  $0,3011 \times 0,3501 + 0,3389 \times 0,5870 + 0,3109 \times 0,5670 + 0,0491 \times 0,0926 = 48,52\%$

Donde se conclui que o projeto mais importante ambientalmente para a empresa é o projeto P3, que contribui 48,52% para a meta global, seguido do projeto P1, que contribui 26,13%, e finalmente em último vem o projeto P2, que contribui 25,35% para a meta global.

Esses resultados podem ser sistematizados na “matriz de priorização” que se apresenta na figura 150.

| CRITÉRIOS                    | Peso ( $\omega$ ) | P1     | P2     | P3     |
|------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| Atendimento à Legislação     | 0,3011            | 0,2858 | 0,3640 | 0,3501 |
| Proteção ao Meio Ambiente    | 0,3389            | 0,3324 | 0,0806 | 0,5870 |
| Otimizar Rotinas de Produção | 0,3109            | 0,1042 | 0,3288 | 0,5670 |
| Estimular Ações Internas     | 0,0491            | 0,6150 | 0,2924 | 0,0926 |
| SOMA                         |                   | 0,2613 | 0,2535 | 0,4852 |

Figura 150 – Matriz de priorização dos projetos” (Fonte: Ben, F. 2006)

O autor conclui que a avaliação das questões ambientais envolve a administração, o planejamento e o controle de componentes multicriteriais, cenário em que o método AHP respondeu satisfatoriamente a tais demandas.

Afirma ainda que a maior dificuldade no desenvolvimento do AHP para estruturar decisões ambientais reside no estabelecimento de um relativo número de julgamentos, e que outra característica evidenciada na aplicação deste método é a grande dependência do conhecimento individual, fator imprescindível para as comparações par a par dos critérios envolvidos na análise.

Entretanto, a utilização deste modelo multicriterial de análise possibilita a seleção de um projeto com base em critérios técnicos, eliminando o empirismo e proporcionando uma probabilidade maior de êxito quando da implantação do projeto.

**Observações do pesquisador sobre o artigo:** O artigo é bastante didático na forma prática e simples como apresenta a aplicação do método AHP à escolha entre vários projetos de natureza ambiental dentro de uma organização.

No entanto, e até por ser um artigo, publicado num congresso, falta-lhe o espaço físico de número de páginas para poder apresentar alguns cálculos muito importantes.

Assim, o artigo não apresenta a verificação da consistência das matrizes de comparação par a par dos projetos dentro da perspectiva de cada um dos critérios, o que é fundamental para a validação do método. Nessa conformidade, o pesquisador fez esses cálculos, os quais passa a apresentar a seguir.

**Consistência da matriz de comparação par a par entre os projetos, e segundo o critério “Atendimento à Legislação”:**

Comece-se então por calcular o produto da matriz não normalizada de comparação par a par dos projetos e segundo o critério “atendimento à legislação” (matriz da figura 135) pelo vetor de prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 137, de forma a obtermos o vetor coluna para o critério “atendimento à legislação”. O resultado é o que se apresenta na figura 151.

| Vetor coluna ( C ) -<br>Atendimento à Legislação |
|--|
| 1,4279   |
| 2,2098   |
| 2,4242   |

Figura 151 – Vetor coluna dos projetos, critério “atendimento à legislação” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Dividindo os valores desse vetor coluna assim obtido pelos correspondentes valor do vetor prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 137, obtemos um outro vetor que se designará de D. Somando os valores dos elementos de D e fazendo a média aritmética dessa soma obtém-se um valor muito importante que é o valor do auto-valor principal ou auto-valor máximo,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ . Os cálculos estão apresentados na figura 152.

| Vetor D - Atendimento à<br>Legislação |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| 4,9953                                |                         |
| 6,0707                                |                         |
| 6,9235                                |                         |
| 17,9895                               | SOMA                    |
| 5,9965                                | $\lambda_{m\acute{a}x}$ |

Figura 152 – Vetor D e cálculo do  $\lambda_{m\acute{a}x}$  dos projetos segundo o critério “atendimento à legislação” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Aplicando a expressão genérica  $IC = ( \lambda_{m\acute{a}x} - n ) / ( n-1 )$ , e considerando que as matrizes de comparação entre projetos segundo cada um dos critérios são matrizes de ordem 3 (  $n = 3$  ), chega-se a um valor de IC de 1,49825. Se considerarmos que para um  $n = 3$  o valor do índice randômico é 0,58, chegar-se-à a um valor de  $CR = IC / IR = 2,583$ , que é um valor absurdamente maior que os 10% máximos admissíveis para valor de CR. Isso significaria que os pesos atribuídos nas comparações par a par entre projetos segundo o critério “atendimento à legislação” teriam que ser totalmente revistos. Poderá tratar-se de um erro de cálculo ou raciocínio por parte do pesquisador mas nesta fase não se descortina que seja.

**Consistência da matriz de comparação par a par entre os projetos, e segundo o critério “Proteção ao Meio Ambiente”:**



Comece-se então por calcular o produto da matriz não normalizada de comparação par a par dos projetos e segundo o critério “proteção ao meio ambiente” (matriz da figura 139) pelo vetor de prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 141, de forma a obtermos o vetor coluna para o critério “proteção ao meio ambiente”. O resultado é o que se apresenta na figura 153.

| Vetor coluna ( C ) - Proteção ao Meio Ambiente |
|--|
| 1,0923   |
| 0,2455   |
| 1,9872   |

Figura 153 – Vetor coluna dos projetos, critério “proteção ao meio ambiente” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Dividindo os valores desse vetor coluna assim obtido pelos correspondentes valor do vetor prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 141, obtemos um outro vetor que se designará de D. Somando os valores dos elementos de D e fazendo a média aritmética dessa soma obtém-se o valor do auto-valor principal ou auto-valor máximo,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ . Os cálculos estão apresentados na figura 154.

| Vetor D - Proteção ao meio ambiente |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|
| 3,2859                              |                         |
| 3,0452                              |                         |
| 3,3855                              |                         |
| 9,7166                              | SOMA                    |
| 3,2389                              | $\lambda_{m\acute{a}x}$ |

Figura 154 – Vetor D e cálculo do  $\lambda_{m\acute{a}x}$  dos projetos segundo o critério “proteção ao meio ambiente” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Aplicando a expressão genérica  $IC = ( \lambda_{m\acute{a}x} - n ) / ( n-1 )$ , e considerando que as matrizes de comparações entre projetos segundo cada um dos critérios são matrizes de ordem 3 (  $n = 3$  ), chega-se a um valor de IC de 0,11945. Se considerarmos que para um  $n = 3$  o valor do índice randômico é 0,58, chegar-se-à a um valor de  $CR = IC / IR = 0,2059$  (20,59%), que mesmo sendo bastante inferior ao valor de CR obtido para o critério “atendimento à legislação”, continua sendo muito maior que os 10% máximos admissíveis para valor de CR. Isso significaria de novo que os pesos atribuídos nas comparações par a par entre projetos segundo o critério “proteção ao meio ambiente” teriam que ser revistos também. Permanece a dúvida se tratar-se-à de um erro de cálculo ou raciocínio por parte do pesquisador, mas nesta fase da pesquisa não se descortina que seja.

**Consistência da matriz de comparação par a par entre os projetos, e segundo o critério “Otimizar rotinas de produção”:**

Comece-se então por calcular o produto da matriz não normalizada de comparação par a par dos projetos e segundo o critério “otimizar rotinas de produção” (matriz da figura 143) pelo vetor de prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 145, de forma a obtermos o vetor coluna para o critério “proteção ao meio ambiente”. O resultado é o que se apresenta na figura 155.

| Vetor coluna ( C ) - Otimizar rotinas de produção |
|---|
| 0,3297  |
| 1,3800  |
| 2,5236  |

Figura 155 – Vetor coluna dos projetos, critério “otimizar rotinas de produção”  
(Fonte: o pesquisador, 2017)

Dividindo os valores desse vetor coluna assim obtido pelos correspondentes valores do vetor prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 145, obtemos um outro vetor que se designará de D. Somando os valores dos elementos de D e fazendo a média aritmética dessa soma obtém-se o valor do auto-valor principal ou auto-valor máximo,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ . Os cálculos estão apresentados na figura 156.

| Vetor D - Otimizar rotinas de produção |                         |
|--|-------------------------|
| 3,1655                                 |                         |
| 4,1972                                 |                         |
| 4,4505                                 |                         |
| 11,8131                                | SOMA                    |
| 3,9377                                 | $\lambda_{m\acute{a}x}$ |

Figura 156 – Vetor D e cálculo do  $\lambda_{m\acute{a}x}$  dos projetos segundo o critério “Otimizar rotinas de produção” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Aplicando a expressão genérica  $IC = ( (\lambda_{m\acute{a}x} - n) / (n-1) )$ , e considerando que as matrizes de comparações entre projetos segundo cada um dos critérios são matrizes de ordem 3 (  $n = 3$  ), chega-se a um valor de IC de 0,46885. Se considerarmos que para um  $n = 3$  o valor do índice randômico é 0,58, chegar-se-à a um valor de  $CR = IC / IR = 0,8084$  (80,84%), que é absolutamente intolerável pois ultrapassa largamente os 10% máximos admissíveis para valor de CR. Novamente isso significaria que os pesos atribuídos nas

comparações par a par entre projetos segundo o critério “otimizar rotinas de produção” teriam que ser revistos.

**Consistência da matriz de comparação par a par entre os projetos, e segundo o critério “Estimular ações internas”:**

Comece-se então por calcular o produto da matriz não normalizada de comparação par a par dos projetos e segundo o critério “Estimular ações internas” (matriz da figura 147) pelo vetor de prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 149, de forma a obtermos o vetor coluna para o critério “proteção ao meio ambiente”. O resultado é o que se apresenta na figura 157.

| Vetor coluna ( C ) -<br>Estimular ações internas |
|--|
| 1,8480   |
| 0,8777   |
| 0,2779   |

Figura 157 – Vetor coluna dos projetos, critério “Estimular ações internas” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Dividindo os valores desse vetor coluna C pelos correspondentes valores do vetor prioridades/vetor médio das linhas (W) da figura 149, obtemos um outro vetor que se designará de D. Somando os valores dos elementos de D e fazendo a média aritmética dessa soma obtém-se o valor do auto-valor principal ou auto-valor máximo,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ . Os cálculos estão apresentados na figura 158.

| Vetor D - Estimular ações internas |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| 3,0048                             |                         |
| 3,0021                             |                         |
| 3,0006                             |                         |
| 9,0075                             | SOMA                    |
| 3,0025                             | $\lambda_{m\acute{a}x}$ |

Figura 158 – Vetor D e cálculo do  $\lambda_{m\acute{a}x}$  dos projetos segundo o critério “Estimular ações internas” (Fonte: o pesquisador, 2017)

Aplicando a expressão genérica  $IC = ( \lambda_{m\acute{a}x} - n ) / ( n-1 )$ , e considerando que as matrizes de comparações entre projetos segundo cada um dos critérios são matrizes de ordem 3 (  $n = 3$  ), chega-se a um valor de IC de 0,0025. Se considerarmos que para um  $n = 3$  o valor do índice randômico é 0,58, chegar-se-à a um valor de  $CR = IC / IR = 0,0043$

(0,43%), **este sim, um valor perfeitamente admissível, bastante baixo até, e que cumpre com muita folga** os 10% máximos admissíveis para valor de CR. Neste caso não haveria necessidade de reformular os pesos das comparações par a par entre os projetos, e segundo o critério “estimular ações internas”, pois a matriz desses pesos seria bastante consistente, até, o que significava que os valores assumidos para os pesos eram muito coerentes.

Acaba sendo um pouco estranho que se tenha tido tantos problemas com os critérios de consistência relativos às matrizes de comparações par a par entre projetos segundo determinados critérios e de repente se tenha uma dessas matrizes que apresente um valor de taxa relativa de consistência quase perfeita (praticamente igual a zero).

#### **3.4.1.2.5. - DISSERTAÇÃO DE HAMADA, P., COM O TÍTULO “FORMULAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS”, de 2011**

Tecendo algumas considerações iniciais sobre a dissertação da autora, logo no resumo esta refere que “O objetivo principal da presente pesquisa é formular um índice que avalie a qualidade da gestão de resíduos sólidos urbanos, com base em um modelo multicriterial, fundamentado na estratégia geral de gestão. O modelo foi de acordo com a abordagem apresentada por Leopold et al (1971) apud McBean et al (1995), dispondo-se em dois níveis hierárquicos, o Grupo Prioritário (Recurso Humano; Legislação e Planejamento; Ações) e Específico (delimitações dentro do Prioritário). Para a avaliação da importância das atividades de gestão foi utilizado o método Analytic Hierarchy Process (AHP), na qual foram consultados 14 especialistas do assunto.

Refere ainda a autora no resumo que “.....O modelo foi aplicado em três municípios paulistas: Lençóis Paulista, Bauru e Sorocaba. O valor máximo do índice é 1.0

A autora fez uma revisão bibliográfica em relação ao panorama internacional sobre gestão de resíduos sólidos (GRS), através de levantamento de artigos acadêmicos.

Já em relação ao panorama brasileiro de gestão de resíduos sólidos (GRS), a autora realizou: 1- Levantamentos através de sites eletrônicos oficiais do governo (situação dos resíduos sólidos em cada estado); 2 – Consulta de documentos do Governo (Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – IBGE, 2000; Inventário dos resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, CETESB, 2011); 3 – Consulta de material privado (Pesquisa Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil 2010 – ABRELPE, 2010; artigos científicos de revistas conhecidas no meio acadêmico); 4 – Contato telefônico (em alguns Estados) com as secretarias envolvidas na gestão de resíduos sólidos (GRS). Neste ponto específico a autora sugere que poderia ser feita a realização de pesquisas por telefone, correio ou

pessoalmente, de modo a completar as informações; 5 – Entrevistas Semi-Estruturadas por telefone, para o órgão responsável (do Estado)

A autora recomenda uma ordem para as pesquisas realizadas por telefone, a qual é a seguinte:

1 – Formulação do problema: no caso tratava-se de saber se existia ou não legislação e programas/projetos direcionados para os resíduos sólidos (RS) no Estado;

2 – Cálculo da amostra de pessoas a serem consultadas: responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos (GRS) ou pessoas envolvidas com essas atividades de GRS, funcionários do órgão;

3 – Desenvolvimento do questionário;

4 – Coleta de dados;

5 – Processamento dos dados e métodos de análise desses dados.

No caso a autora estabeleceu um roteiro de perguntas a serem efetuadas nessas entrevistas telefônicas que eram as seguintes:

1 – A pessoa era capaz de responder a perguntas sobre GRS?

2 – O Estado tem lei específica e/ou plano de RS (resíduos sólidos)?

3 – O Estado tem algum programa/projeto para aquisição de auxílios financeiros para gerenciamento de resíduos sólidos?

4 – Existe a continuidade desses programas e projetos de GRS por parte do Estado?

5 – Quais outras informações podiam ser fornecidas sobre o tema (GRS)?

Segundo a autora, e citando Massey e Botman (2001), ao fazer uma pesquisa através de ligações telefônicas a quantidade de não-respostas chega a 30%.

Outra forma de contato estabelecida pela autora foi através de endereço eletrônico no qual poucos responderam.

Além disso a autora procedeu também a uma leitura detalhada (para comparação) dos seguintes instrumentos legais: 1 – PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos); 2 – Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo (e respectivos decretos)

Fez uma verificação de quais os tópicos semelhantes à Política Nacional de Resíduos Sólidos e à Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo, e verificou a consonância da Política estadual com a Política Federal.

A partir daí a autora fez um diagnóstico preliminar sobre a situação da Gestão dos Resíduos Sólidos nos municípios que foram objeto de estudo (Lençóis Paulista, Bauru e Sorocaba), cujos resultados estão na dissertação, e através de consultas a documentos estaduais (Exemplos: Inventário de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo – CETESB, 2010, levantamentos em estudos acadêmicos, sistemas oficiais de prefeituras e notícias locais.

A autora explica depois como foi feita a **elaboração da estrutura para formulação do índice de gestão de resíduos sólidos**, explicando que **foi baseada no método AHP**. Assim, para se conseguir chegar a uma Seleção das Atividades Propostas para Análise teve que ser feita previamente uma revisão bibliográfica sobre o tema. Conjuntos de procedimentos foram agrupados por tema, para constituírem uma atividade. Essas atividades assim definidas foram então submetidas à consideração/análise de especialistas, os quais fizeram uma comparação par a par das ditas atividades, para atribuição de pesos. A partir dos pesos foi feito o ordenamento das prioridades das atividades de gestão de resíduos sólidos, o que permitiu elaborar a fórmula preliminar para o índice.

**Formulação do Índice de Gestão de Qualidade de Resíduos Sólidos-** a esse propósito a autora começa por referir que um índice tem que ter a capacidade de abranger vários indicadores e parâmetros, os quais refletem um quadro geral da condição que se pretende levantar. Neste caso específico, o **Índice de Gestão de Qualidade de Resíduos Sólidos** contém diversos indicadores, os quais serão representados através do grupo específico (não poderia/deveria antes ser índice de Qualidade da Gestão de resíduos Sólidos?).

Afirma a autora, citando Figueiredo, D.S e MELLO, J.C.C.B.S. (2009), que ainda que o uso de índices possa mascarar algum aspecto negativo, este é bem representado quando se analisa somente os indicadores.

Os indicadores usados para o Índice de Gestão da Qualidade de Resíduos Sólidos foram avaliados para que se pudesse determinar pesos para cada indicador e analisar a importância relativa entre eles. A avaliação dos pesos foi feita por especialistas através de matriz de análise multicriterial.

A metodologia para a formulação do índice de gestão de resíduos seguiu os seguintes passos/procedimentos:

- 1 – Escolha do método para elaboração do índice;
- 2 – Seleção das atividades de gestão a serem avaliadas;
- 3 – Seleção dos especialistas para atribuição de pesos para as atividades;
- 4 – Atribuição de pesos para as atividades selecionadas através da matriz AHP;

5 – Formulação do índice;

6 – Aplicação do índice.

**Escolha do Metodo de Avaliação – Método multicriterial AHP:** em termos mais ou menos resumidos a autora afirma que o método AHP (Processo de Análise Hierarquizada), é capaz de analisar atributos quantificáveis e atributos não quantificáveis (qualitativos), com os fins/objetivos mais diversos. As matrizes matemáticas geradas no processo de análise permitem cálculos para que seja feita a ordem de critérios preferenciais, através do grau de importância relativa de cada. Para reduzir o grau de subjetividade na determinação dos pesos de cada critério, é feita uma avaliação baseada em conhecimento científico, ou seja, os julgamentos são feitos por especialistas, o que dá origem a uma matriz de julgamentos. Foram escolhidos: 1 – Especialistas acadêmicos em resíduos sólidos (professores de várias universidades); 2 – Especialistas da área da Administração Pública (3 especialistas da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; 1 especialista de uma Prefeitura de uma capital brasileira).

Por correio eletrônico foi enviada a matriz, com carta de apresentação e explicação em planilha EXCEL, termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Foram necessários aproximadamente 2 meses para obtenção de respostas.

**Grupo Prioritario e Especifico-** O modelo inicial para a avaliação da qualidade de gestão de resíduos sólidos é baseado na matriz proposta por Leopold e outros, citados por McBean e outros (1995), que apresenta dois níveis, o de **Grupos Prioritários** e o dos **Grupos Específicos**. A esse propósito, e a título ilustrativo, apresentam-se as matrizes das figuras 159 e 160.

Observação: Aqui o importante a reter é que o grupo específico está hierarquicamente, no método AHP, um degrau/nível abaixo do grupo prioritário.

|    |                           |            |
|----|---------------------------|------------|
| 1. | Recursos Humanos          | 33,33      |
| 2. | Legislação e Planejamento | 33,33      |
| 3. | Ações                     | 33,33      |
|    | <b>Soma dos valores</b>   | <b>100</b> |

Figura 159 – Elementos do Grupo Prioritário. Pesos ilustrativos (Fonte: Hamada, P., 2011)

O item “Recursos Humanos”, do grupo prioritário foi sub-dividido em três sub-ítems: - 1 - Formação profissional adequada; 2 - Capacitação; 3 - Responsabilidades bem definidas no organograma administrativo; por sua vez o item “Legislação e Planejamento”, do grupo prioritário foi sub-dividido em três sub-ítems: - 1 - Plano Municipal de Gestão e Legislação municipal específica para RSU; 2 - Organização dos Planos de Ações (metas,

cronogramas); 3 -Existência de planos, programas, projetos para melhoria da gestão de RSU; finalmente o item “Ações”, do grupo prioritário foi sub-dividido em três sub-ítems: - 1 - Coleta Seletiva; 2 - Triagem e processamento para o reaproveitamento de RSU; 3 - Licença ambiental do Aterro Sanitário.

|    |                                  |  |              |
|----|----------------------------------|--|--------------|
| 1. | <b>Recursos Humanos</b>          | Formação profissional adequada   | 11,11        |
|    |                                  | Programas de capacitação, especialização, pós-graduação na área de RSU   | 11,11        |
|    |                                  | Responsabilidade dentro do Organograma Administrativo                    | 11,11        |
|    |                                  | <i>Soma dos valores do grupo Recursos Humanos</i>                        | <i>33,33</i> |
| 2. | <b>Legislação e Planejamento</b> | Plano Municipal de Gestão e Legislação municipal específica para RSU     | 11,11        |
|    |                                  | Organização dos Planos de Ações (metas, cronogramas)                     | 11,11        |
|    |                                  | Existência de planos, programas, projetos para melhoria da gestão de RSU | 11,11        |
|    |                                  | <i>Soma dos valores do grupo Legislação e Planejamento</i>               | <i>33,33</i> |
| 3. | <b>Ações</b>                     | Coleta Seletiva  | 11,11        |
|    |                                  | Triagem e processamento para o reaproveitamento de RSU                   | 11,11        |
|    |                                  | Licença ambiental do Aterro Sanitário                                    | 11,11        |
|    |                                  | <i>Soma dos valores do grupo Ações</i>                                   | <i>33,33</i> |
|    |                                  | <b>Soma de todos os grupos</b>   | <b>100</b>   |

Figura 160 – Modelo inicial proposto com os Grupos Prioritários e Específicos. Pesos ilustrativos. (Fonte: Hamada, P., 2011)

A autora apresenta a seguir a escala fundamental de Saaty, que já aqui foi transcrita no texto, apenas com um aspecto um pouco diferente.

Os especialistas ficaram então incumbidos de atribuir pesos para duas matrizes diferentes, ambas de comparações par a par entre os seus elementos. Uma de ordem 3, para o grupo prioritário e a outra de ordem 9, para o grupo específico ou secundário.

A primeira delas é a matriz que faz comparações par a par entre os elementos do grupo prioritário, cujos elementos são os representados na figura 161, **sendo que neste caso os pesos são meramente exemplificativos dos que cada especialista possa ter atribuído.**

| <b>Grupo Prioritário</b>    |                       |                           |       |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------|
| Atividades de Gestão de RSU | Formação Profissional | Legislação e Planejamento | Ações |
| Formação profissional       | 1                     | 3                         | 5     |
| Legislação e Planejamento   | 1/3                   | 1                         | 1/3   |
| Ações                       | 1/5                   | 3                         | 1     |

Figura 161 – Matriz proposta com o Grupo Prioritário para a gestão de resíduos sólidos. Pesos ilustrativos/exemplificativos. (Fonte: Hamada, P., 2011)

Por outro lado, as 9 atividades que fazem parte do grupo específico passaram a ser designadas por letras com a seguinte correspondência:



- (A) Formação profissional adequada;
- (B) Programas de capacitação, especialização, pós-graduação, entre outros, na área de RSU;
- (C) Responsabilidade definida dentro do organograma administrativo;
- (D) Plano Municipal de Gestão e Legislação municipal específica para RSU;
- (E) Organização dos planos de ações (metas, cronograma);
- (F) Planos, programas, projetos para melhora da gestão de RSU;
- (G) Coleta Seletiva;
- (H) Triagem e processamento para o reaproveitamento de RSU;
- (I) Licença Ambiental do Aterro Sanitário.

E então, a segunda matriz para a qual foi solicitado que os especialistas atribuissem pesos é a matriz que faz comparações par a par entre as atividades do grupo específico, cujos elementos já haviam sido apresentados na figura 160, mas que agora foram respetivamente substituídos pelas letras que constam imediatamente acima (cada letra com o significado da correspondente atividade). Cada especialista construiu então com os seus pesos uma matriz do tipo da que é apresentada na figura 162, **na qual os pesos são meramente ilustrativos/exemplificativos.**

| Grupo Especifico            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Atividades de Gestão de RSU | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   | I   |
| A                           | 1   | 3   | 5   | 3   | 3   | 1   | 5   | 3   | 3   |
| B                           | 1/3 | 1   | 1/3 | 1   | 3   | 1   | 5   | 5   | 5   |
| C                           | 1/5 | 3   | 1   | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 3   | 3   | 3   |
| D                           | 1/3 | 1   | 3   | 1   | 3   | 3   | 5   | 5   | 5   |
| E                           | 1/3 | 1/3 | 3   | 1/3 | 1   | 1/3 | 3   | 3   | 3   |
| F                           | 1   | 1   | 3   | 1/3 | 3   | 1   | 1/3 | 1/3 | 1/3 |
| G                           | 1/5 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 3   | 1   | 1   | 1   |
| H                           | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 3   | 1   | 1   | 1/3 |
| I                           | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 3   | 1   | 3   | 1   |

Figura 162 – Matriz proposta para o Grupo Especifico com os critérios avaliados pelos especialistas. Valores ilustrativos/exemplificativos (Fonte: Hamada, P., 2011)

Na parte dos anexos à dissertação é que a autora apresenta as matrizes de comparação par a par que foram devolvidas com os respetivos pesos reais atribuídos por cada um dos 14 especialistas, tanto para o grupo prioritário quanto para o grupo específico/secundário. São as matrizes apresentadas nas figuras 163 a 181.

**Observação importante:** De referir que quanto às comparações par a par estabelecidas e a apresentadas nas figuras a seguir para o grupo prioritário, foi usada a seguinte notação por letras: **(A) Recursos Humanos; (B) Legislação e Planejamento; e (C) Ações**

| <u>Especialista</u><br><b>01</b> | A | B | C | <u>Especialista</u><br><b>02</b> | A   | B | C   |
|----------------------------------|---|---|---|----------------------------------|-----|---|-----|
| A                                | 1 | 1 | 1 | A                                | 1   | 3 | 1   |
| B                                | 1 | 1 | 1 | B                                | 1/3 | 1 | 1/3 |
| C                                | 1 | 1 | 1 | C                                | 1   | 3 | 1   |

Figura 163 – (esquerda) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 01; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 02 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista</u><br><b>03</b> | A   | B | C   | <u>Especialista</u><br><b>04</b> | A   | B | C | <u>Especialista</u><br><b>05</b> | A | B | C   |
|----------------------------------|-----|---|-----|----------------------------------|-----|---|---|----------------------------------|---|---|-----|
| A                                | 1   | 5 | 1/7 | A                                | 1   | 3 | 3 | A                                | 1 | 1 | 1/3 |
| B                                | 1/5 | 1 | 1/5 | B                                | 1/3 | 1 | 1 | B                                | 1 | 1 | 1/3 |
| C                                | 7   | 5 | 1   | C                                | 1/3 | 1 | 1 | C                                | 3 | 3 | 1   |

Figura 164 – (esquerda) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 03; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 04; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 05 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista</u><br><b>06</b> | A   | B | C   | <u>Especialista</u><br><b>07</b> | A   | B   | C | <u>Especialista</u><br><b>08</b> | A   | B   | C |
|----------------------------------|-----|---|-----|----------------------------------|-----|-----|---|----------------------------------|-----|-----|---|
| A                                | 1   | 5 | 1   | A                                | 1   | 1/7 | 3 | A                                | 1   | 7   | 5 |
| B                                | 1/5 | 1 | 1/5 | B                                | 7   | 1   | 5 | B                                | 1/7 | 1   | 7 |
| C                                | 1   | 5 | 1   | C                                | 1/3 | 1/5 | 1 | C                                | 1/5 | 1/7 | 1 |

Figura 165 – (esquerda) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 06; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 07; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 08 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista</u><br><b>09</b> | A   | B | C   | <u>Especialista</u><br><b>10</b> | A   | B | C   | <u>Especialista</u><br><b>11</b> | A | B | C |
|----------------------------------|-----|---|-----|----------------------------------|-----|---|-----|----------------------------------|---|---|---|
| A                                | 1   | 3 | 1   | A                                | 1   | 7 | 3   | A                                | 1 | 1 | 1 |
| B                                | 1/3 | 1 | 1/3 | B                                | 1/7 | 1 | 1/7 | B                                | 1 | 1 | 1 |
| C                                | 1   | 3 | 1   | C                                | 1/3 | 7 | 1   | C                                | 1 | 1 | 1 |

Figura 166 – (esquerda) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 09; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 10; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 11 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista</u><br><b>12</b> | A | B | C | <u>Especialista</u><br><b>13</b> | A   | B | C   | <u>Especialista</u><br><b>14</b> | A | B | C |
|----------------------------------|---|---|---|----------------------------------|-----|---|-----|----------------------------------|---|---|---|
| A                                | 1 | 1 | 1 | A                                | 1   | 3 | 1   | A                                | 1 | 1 | 1 |
| B                                | 1 | 1 | 1 | B                                | 1/3 | 1 | 1/3 | B                                | 1 | 1 | 1 |
| C                                | 1 | 1 | 1 | C                                | 1   | 3 | 1   | C                                | 1 | 1 | 1 |

Figura 167 – (esquerda) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 12; (centro) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 13; (direita) Matriz proposta para o Grupo Prioritário, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 14 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista 01</u> | A   | B   | C   | D   | E | F | G   | H   | I   |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|---|---|-----|-----|-----|
| A                      | 1   | 9   | 5   | 7   | 7 | 7 | 5   | 5   | 1   |
| B                      | 1/9 | 1   | 7   | 7   | 7 | 7 | 7   | 7   | 1   |
| C                      | 1/5 | 1/7 | 1   | 1/3 | 9 | 9 | 1/5 | 1/5 | 1/5 |
| D                      | 1/7 | 1/7 | 3   | 1   | 1 | 1 | 1   | 1   | 1   |
| E                      | 1/7 | 1/7 | 1/9 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1   | 1   |
| F                      | 1/7 | 1/7 | 1/9 | 1   | 1 | 1 | 1   | 1   | 1   |
| G                      | 1/5 | 1/7 | 5   | 1   | 1 | 1 | 1   | 9   | 9   |
| H                      | 1/5 | 1/7 | 5   | 1   | 1 | 1 | 1/9 | 1   | 1   |
| I                      | 1   | 1   | 5   | 1   | 1 | 1 | 1/9 | 1   | 1   |

Figura 168 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 01 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista 02</u> | A   | B   | C   | D | E   | F   | G   | H   | I   |
|------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| A                      | 1   | 1/3 | 1/7 | 7 | 1/3 | 5   | 1/3 | 1/3 | 1   |
| B                      | 3   | 1   | 1/3 | 7 | 1   | 3   | 1/5 | 1/5 | 1/3 |
| C                      | 7   | 3   | 1   | 7 | 1   | 5   | 3   | 3   | 1   |
| D                      | 1/7 | 1/7 | 1/7 | 1 | 1/7 | 1/3 | 1/9 | 1/9 | 1/7 |
| E                      | 3   | 1   | 1   | 7 | 1   | 7   | 1/3 | 1/3 | 1   |
| F                      | 1/5 | 1/3 | 1/5 | 3 | 1/7 | 1   | 1/7 | 1/7 | 1/5 |
| G                      | 3   | 5   | 1/3 | 9 | 3   | 7   | 1   | 1   | 3   |
| H                      | 3   | 5   | 1/3 | 9 | 3   | 7   | 1   | 1   | 3   |
| I                      | 1   | 3   | 1   | 7 | 1   | 5   | 1/3 | 1/3 | 1   |

Figura 169 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 02 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista 03</u> | A        | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        | I        |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A                      | <b>1</b> | 5        | 5        | 1        | 3        | 1/3      | 5        | 5        | 3        |
| B                      | 1/5      | <b>1</b> | 3        | 1/5      | 1/3      | 1/5      | 5        | 5        | 3        |
| C                      | 1/5      | 1/3      | <b>1</b> | 1/5      | 1        | 1/5      | 1        | 1        | 3        |
| D                      | 1        | 5        | 5        | <b>1</b> | 3        | 1        | 7        | 7        | 7        |
| E                      | 1/3      | 3        | 1        | 1/3      | <b>1</b> | 1/5      | 3        | 3        | 3        |
| F                      | 3        | 5        | 5        | 1        | 5        | <b>1</b> | 7        | 7        | 7        |
| G                      | 1/5      | 1/5      | 1        | 1/7      | 1/3      | 1/7      | <b>1</b> | 1        | 1        |
| H                      | 1/5      | 1/5      | 1        | 1/7      | 1/3      | 1/7      | 1        | <b>1</b> | 1        |
| I                      | 1/3      | 1/3      | 1/3      | 1/7      | 1/3      | 1/7      | 1        | 1        | <b>1</b> |

Figura 170 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 03 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista 04</u> | A        | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        | I        |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A                      | <b>1</b> | 1/3      | 1/7      | 1        | 1/3      | 1/3      | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| B                      | 3        | <b>1</b> | 1        | 1/3      | 1/3      | 1/5      | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| C                      | 7        | 1        | <b>1</b> | 1        | 1/3      | 1/3      | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| D                      | 1        | 3        | 1        | <b>1</b> | 1        | 1/3      | 1/5      | 1/5      | 1/7      |
| E                      | 3        | 3        | 3        | 1        | <b>1</b> | 1        | 1/5      | 1/5      | 1/7      |
| F                      | 3        | 5        | 3        | 3        | 1        | <b>1</b> | 1/7      | 1/7      | 1/7      |
| G                      | 7        | 7        | 7        | 5        | 5        | 7        | <b>1</b> | 1        | 1/3      |
| H                      | 7        | 7        | 7        | 5        | 5        | 7        | 1        | <b>1</b> | 1/5      |
| I                      | 9        | 9        | 9        | 7        | 7        | 7        | 3        | 5        | <b>1</b> |

Figura 171 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 04 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista 05</u> | A        | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        | I        |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A                      | <b>1</b> | 1/5      | 1        | 1/3      | 1/5      | 1/5      | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| B                      | 5        | <b>1</b> | 3        | 1/3      | 1/3      | 3        | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| C                      | 1        | 1/3      | <b>1</b> | 1/5      | 1/5      | 1/3      | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| D                      | 3        | 3        | 5        | <b>1</b> | 5        | 3        | 1        | 1        | 1/9      |
| E                      | 5        | 3        | 5        | 1/5      | <b>1</b> | 1        | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| F                      | 5        | 1/3      | 3        | 1/3      | 1        | <b>1</b> | 1/7      | 1/7      | 1/9      |
| G                      | 7        | 7        | 7        | 1        | 7        | 7        | <b>1</b> | 1        | 1/9      |
| H                      | 7        | 7        | 7        | 1        | 7        | 7        | 1        | <b>1</b> | 1/9      |
| I                      | 9        | 9        | 9        | 9        | 9        | 9        | 9        | 9        | <b>1</b> |

Figura 172 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 05 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <u>Especialista 06</u> | A        | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        | I        |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A                      | <b>1</b> | 1        | 3        | 5        | 1        | 3        | 5        | 3        | 7        |
| B                      | 1        | <b>1</b> | 1/3      | 1        | 1/5      | 1/3      | 1/7      | 1/3      | 5        |
| C                      | 1/3      | 3        | <b>1</b> | 5        | 3        | 3        | 3        | 5        | 7        |
| D                      | 1/5      | 1        | 1/5      | <b>1</b> | 1/3      | 3        | 3        | 1/3      | 3        |
| E                      | 1        | 5        | 1/3      | 3        | <b>1</b> | 3        | 1        | 3        | 5        |
| F                      | 1/3      | 3        | 1/3      | 1/3      | 1/3      | <b>1</b> | 1/3      | 1/5      | 1        |
| G                      | 1/5      | 7        | 1/3      | 1/3      | 1        | 3        | <b>1</b> | 1/3      | 3        |
| H                      | 1/3      | 3        | 1/5      | 3        | 1/3      | 5        | 3        | <b>1</b> | 7        |
| I                      | 1/7      | 1/5      | 1/7      | 1/3      | 1/5      | 1        | 1/3      | 1/7      | <b>1</b> |

Figura 173 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 06 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 07</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 1        | 1/5      | 3        | 3        | 1/5      | 5        | 5        | 1/3      |
| <b>B</b>               | 1        | <b>1</b> | 5        | 1/3      | 1/3      | 1/3      | 7        | 7        | 3        |
| <b>C</b>               | 5        | 1/5      | <b>1</b> | 1/5      | 1/5      | 1/5      | 1/5      | 1/5      | 1/7      |
| <b>D</b>               | 1/3      | 3        | 5        | <b>1</b> | 1        | 1        | 3        | 1/5      | 1/9      |
| <b>E</b>               | 1/3      | 3        | 5        | 1        | <b>1</b> | 1/7      | 3        | 3        | 5        |
| <b>F</b>               | 5        | 3        | 5        | 1        | 7        | <b>1</b> | 1        | 1        | 1/3      |
| <b>G</b>               | 1/5      | 1/7      | 5        | 1/3      | 1/3      | 1        | <b>1</b> | 1        | 1        |
| <b>H</b>               | 1/5      | 1/7      | 5        | 5        | 1/3      | 1        | 1        | <b>1</b> | 1/3      |
| <b>I</b>               | 3        | 1/3      | 7        | 9        | 1/5      | 3        | 1        | 3        | <b>1</b> |

Figura 174 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 07 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 08</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 3        | 5        | 3        | 5        | 5        | 7        | 5        | 3        |
| <b>B</b>               | 1/3      | <b>1</b> | 7        | 3        | 5        | 5        | 5        | 3        | 3        |
| <b>C</b>               | 1/52     | 1/7      | <b>1</b> | 1/7      | 1/5      | 1/3      | 1        | 1/3      | 1        |
| <b>D</b>               | 1/3      | 1/3      | 7        | <b>1</b> | 5        | 3        | 5        | 3        | 7        |
| <b>E</b>               | 1/5      | 1/5      | 5        | 1/5      | <b>1</b> | 1/5      | 5        | 3        | 3        |
| <b>F</b>               | 1/5      | 1/5      | 3        | 1/3      | 5        | <b>1</b> | 5        | 3        | 7        |
| <b>G</b>               | 1/7      | 1/5      | 1        | 1/5      | 1/5      | 1/5      | <b>1</b> | 1/5      | 5        |
| <b>H</b>               | 1/5      | 1/3      | 3        | 1/3      | 1/3      | 1/3      | 5        | <b>1</b> | 7        |
| <b>I</b>               | 1/3      | 1/3      | 1        | 1/7      | 1/3      | 1/7      | 1/5      | 1/7      | <b>1</b> |

Figura 175 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 08 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 09</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 5        | 5        | 1        | 1        | 1        | 1/3      | 1/3      | 1        |
| <b>B</b>               | 1/5      | <b>1</b> | 1        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 5        |
| <b>C</b>               | 1/5      | 1        | <b>1</b> | 1/3      | 1/3      | 1/5      | 1/5      | 1/5      | 1/5      |
| <b>D</b>               | 1        | 1/3      | 3        | <b>1</b> | 1        | 1/3      | 1/5      | 1/5      | 1        |
| <b>E</b>               | 1        | 1/3      | 3        | 1        | <b>1</b> | 5        | 5        | 5        | 1        |
| <b>F</b>               | 1        | 1/3      | 5        | 3        | 1/5      | <b>1</b> | 1        | 1        | 1        |
| <b>G</b>               | 3        | 1/3      | 5        | 5        | 1/5      | 1        | <b>1</b> | 1        | 1        |
| <b>H</b>               | 3        | 1/3      | 5        | 5        | 1/5      | 1        | 1        | <b>1</b> | 3        |
| <b>I</b>               | 1        | 1/5      | 5        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1/3      | <b>1</b> |

Figura 176 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 09 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 10</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 7        | 1        | 1        | 3        | 3        | 3        | 3        | 1        |
| <b>B</b>               | 1/7      | <b>1</b> | 1/5      | 1        | 1/5      | 1/5      | 1/5      | 1/5      | 1/7      |
| <b>C</b>               | 1        | 5        | <b>1</b> | 5        | 7        | 7        | 1        | 1        | 1        |
| <b>D</b>               | 1        | 1        | 1/5      | <b>1</b> | 5        | 1        | 5        | 5        | 1/5      |
| <b>E</b>               | 1/3      | 5        | 1/7      | 1/5      | <b>1</b> | 1/5      | 1        | 1        | 1/7      |
| <b>F</b>               | 1/3      | 5        | 1/7      | 1        | 5        | <b>1</b> | 5        | 5        | 1/7      |
| <b>G</b>               | 1/3      | 5        | 1        | 1/5      | 1        | 1/5      | <b>1</b> | 1        | 1/7      |
| <b>H</b>               | 1/3      | 5        | 1        | 1/5      | 1        | 1/5      | 1        | <b>1</b> | 1/7      |
| <b>I</b>               | 1        | 7        | 1        | 5        | 7        | 7        | 7        | 7        | <b>1</b> |

Figura 177 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 10 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 11</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 1        | 5        | 1        | 1        | 1        | 3        | 5        | 5        |
| <b>B</b>               | 1        | <b>1</b> | 3        | 1        | 3        | 1        | 3        | 3        | 5        |
| <b>C</b>               | 1/5      | 1/3      | <b>1</b> | 1/5      | 1/3      | 1/5      | 1/3      | 1/3      | 1/5      |
| <b>D</b>               | 1        | 1        | 5        | <b>1</b> | 1        | 1        | 5        | 5        | 5        |
| <b>E</b>               | 1        | 1/3      | 3        | 1        | <b>1</b> | 1        | 3        | 3        | 3        |
| <b>F</b>               | 1        | 1        | 5        | 1        | 1        | <b>1</b> | 3        | 3        | 3        |
| <b>G</b>               | 1/3      | 1/3      | 3        | 1/5      | 1/3      | 1/3      | <b>1</b> | 1        | 3        |
| <b>H</b>               | 1/5      | 1/3      | 3        | 1/5      | 1/3      | 1/3      | 1        | <b>1</b> | 1/3      |
| <b>I</b>               | 1/5      | 1/5      | 5        | 1/5      | 1/3      | 1/3      | 1/3      | 3        | <b>1</b> |

Figura 178 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 11 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 12</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 3        | 5        | 3        | 3        | 1        | 5        | 3        | 3        |
| <b>B</b>               | 1/3      | <b>1</b> | 1/3      | 1        | 3        | 1        | 5        | 5        | 5        |
| <b>C</b>               | 1/5      | 3        | <b>1</b> | 1/3      | 1/3      | 1/3      | 3        | 3        | 3        |
| <b>D</b>               | 1/3      | 1        | 3        | <b>1</b> | 3        | 3        | 5        | 5        | 5        |
| <b>E</b>               | 1/3      | 1/3      | 3        | 1/3      | <b>1</b> | 1/3      | 3        | 3        | 3        |
| <b>F</b>               | 1        | 1        | 3        | 1/3      | 3        | <b>1</b> | 1/3      | 1/3      | 1/3      |
| <b>G</b>               | 1/5      | 1/5      | 1/3      | 1/5      | 1/3      | 3        | <b>1</b> | 1        | 1        |
| <b>H</b>               | 1/3      | 1/5      | 1/3      | 1/5      | 1/3      | 3        | 1        | <b>1</b> | 1/3      |
| <b>I</b>               | 1/3      | 1/5      | 1/3      | 1/5      | 1/3      | 3        | 1        | 3        | <b>1</b> |

Figura 179 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 12 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 13</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 3        | 3        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1/5      |
| <b>B</b>               | 1/3      | <b>1</b> | 1/3      | 1/3      | 1/3      | 1        | 1        | 1        | 1/5      |
| <b>C</b>               | 1/3      | 3        | <b>1</b> | 1        | 1        | 1/3      | 1        | 1        | 1/5      |
| <b>D</b>               | 1        | 3        | 1        | <b>1</b> | 1        | 3        | 1        | 1        | 1/3      |
| <b>E</b>               | 1        | 3        | 1        | 1        | <b>1</b> | 3        | 1        | 1        | 1/3      |
| <b>F</b>               | 1        | 1        | 3        | 1/3      | 1/3      | <b>1</b> | 1        | 1        | 1/3      |
| <b>G</b>               | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | <b>1</b> | 1        | 1/3      |
| <b>H</b>               | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | <b>1</b> | 1/3      |
| <b>I</b>               | 5        | 5        | 5        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | <b>1</b> |

Figura 180 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 13 (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Especialista 14</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A</b>               | <b>1</b> | 1/5      | 1/3      | 1/3      | 1/3      | 1/5      | 1/5      | 1/5      | 1        |
| <b>B</b>               | 5        | <b>1</b> | 1        | 1        | 1        | 1/3      | 1/5      | 1/5      | 1        |
| <b>C</b>               | 3        | 1        | <b>1</b> | 1        | 1        | 1        | 1/3      | 1/3      | 3        |
| <b>D</b>               | 3        | 1        | 1        | <b>1</b> | 1        | 1        | 1        | 1/3      | 1        |
| <b>E</b>               | 3        | 1        | 1        | 1        | <b>1</b> | 1        | 1/3      | 1/3      | 1        |
| <b>F</b>               | 5        | 3        | 1        | 1        | 1        | <b>1</b> | 1/3      | 1/3      | 1        |
| <b>G</b>               | 5        | 5        | 3        | 1        | 3        | 3        | <b>1</b> | 1        | 1/3      |
| <b>H</b>               | 5        | 5        | 3        | 3        | 3        | 3        | 1        | <b>1</b> | 1/3      |
| <b>I</b>               | 1        | 1        | 1/3      | 1        | 1        | 1        | 3        | 3        | <b>1</b> |

Figura 181 – Matriz proposta para o Grupo Específico, com os respectivos pesos reais atribuídos pelo especialista 14 (Fonte: Hamada, P., 2011)

De posse das 14 matrizes de comparação par a par feitas pelos especialistas para o grupo prioritário, e de outras tantas feitas pelos mesmos para o grupo específico/secundário, a autora simplesmente reduziu cada um desse conjunto de 14 matrizes a uma só, através do cálculo da média dos valores dos seus elementos correspondentes. É o que se apresenta nas figuras 182 e 183.

| <b>Grupo Prioritário</b>    |                          |                           |                         |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Atividades de Gestão de RSU | Recursos Humanos         | Legislação e Planejamento | Ações                   |
| Recursos Humanos            | 1                        | <b>2,9388</b> +/-2,3105   | <b>1,6054</b> +/-1,4039 |
| Legislação e Planejamento   | <b>0,3403</b> +/- 1,8377 | 1                         | <b>1,3483</b> +/-2,1206 |
| Ações                       | <b>0,6229</b> +/-1,8233  | <b>0,7417</b> +/-2,1123   | 1                       |

Figura 182 – Média e desvio padrão (+/-) dos pesos dados pelos especialistas para as atividades do Grupo Prioritário (Fonte: Hamada, P., 2011)

| <b>Grupo Secundário</b>     |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Atividades de Gestão de RSU | A                              | B                              | C                              | D                              | E                              | F                              | G                              | H                              | I                              |
| A                           | 1<br>+/-<br>2,7997             | <b>2,7905</b><br>+/-<br>2,7997 | <b>2,7728</b><br>+/-<br>2,1631 | <b>2,4762</b><br>+/-<br>2,3352 | <b>2,0857</b><br>+/-<br>2,0446 | <b>2,0191</b><br>+/-<br>2,2482 | <b>2,8680</b><br>+/-<br>2,4235 | <b>2,5823</b><br>+/-<br>2,1180 | <b>1,9111</b><br>+/-<br>2,1242 |
| B                           | <b>0,3584</b><br>+/-<br>1,5165 | 1                              | <b>2,2718</b><br>+/-<br>2,6223 | <b>1,8952</b><br>+/-<br>2,4210 | <b>1,7905</b><br>+/-<br>2,2000 | <b>1,8286</b><br>+/-<br>2,1454 | <b>2,6449</b><br>+/-<br>2,7050 | <b>2,5157</b><br>+/-<br>2,6125 | <b>2,2785</b><br>+/-<br>2,1361 |
| C                           | <b>0,3607</b><br>+/-<br>2,6652 | <b>0,4402</b><br>+/-<br>1,6107 | 1                              | <b>1,6725</b><br>+/-<br>2,4424 | <b>1,7810</b><br>+/-<br>2,8651 | <b>2,0974</b><br>+/-<br>3,1215 | <b>1,0395</b><br>+/-<br>1,1445 | <b>1,1347</b><br>+/-<br>1,5214 | <b>1,4404</b><br>+/-<br>1,9904 |
| D                           | <b>0,4039</b><br>+/-<br>0,7614 | <b>0,5276</b><br>+/-<br>1,5328 | <b>0,5979</b><br>+/-<br>2,3063 | 1                              | <b>1,9597</b><br>+/-<br>1,9112 | <b>1,6154</b><br>+/-<br>1,2060 | <b>2,6794</b><br>+/-<br>2,3726 | <b>2,0984</b><br>+/-<br>2,4385 | <b>2,2172</b><br>+/-<br>2,7355 |
| E                           | <b>0,4795</b><br>+/-<br>1,4752 | <b>0,5585</b><br>+/-<br>1,8001 | <b>0,5615</b><br>+/-<br>1,8747 | <b>0,5103</b><br>+/-<br>1,8576 | 1                              | <b>1,7197</b><br>+/-<br>2,1465 | <b>1,9293</b><br>+/-<br>1,7183 | <b>1,9293</b><br>+/-<br>1,5119 | <b>1,9093</b><br>+/-<br>1,7851 |
| F                           | <b>0,4953</b><br>+/-<br>1,7729 | <b>0,5469</b><br>+/-<br>1,9788 | <b>0,4768</b><br>+/-<br>1,9720 | <b>0,6191</b><br>+/-<br>1,0675 | <b>0,5815</b><br>+/-<br>2,3806 | 1                              | <b>1,8163</b><br>+/-<br>2,3065 | <b>1,6640</b><br>+/-<br>2,1536 | <b>1,6141</b><br>+/-<br>2,4925 |
| G                           | <b>0,3487</b><br>+/-<br>2,5400 | <b>0,3781</b><br>+/-<br>3,0521 | <b>0,9620</b><br>+/-<br>2,5985 | <b>0,3732</b><br>+/-<br>2,7617 | <b>0,5183</b><br>+/-<br>2,1303 | <b>0,5506</b><br>+/-<br>2,7546 | 1                              | <b>1,4667</b><br>+/-<br>2,2694 | <b>2,0181</b><br>+/-<br>2,5379 |
| H                           | <b>0,3873</b><br>+/-<br>2,5305 | <b>0,3975</b><br>+/-<br>2,7487 | <b>0,8813</b><br>+/-<br>2,5505 | <b>0,4766</b><br>+/-<br>2,7983 | <b>0,5183</b><br>+/-<br>2,1471 | <b>0,6010</b><br>+/-<br>2,8330 | <b>0,6818</b><br>+/-<br>1,2510 | 1                              | <b>1,7229</b><br>+/-<br>2,5000 |
| I                           | <b>0,5233</b><br>+/-<br>3,2252 | <b>0,4389</b><br>+/-<br>3,5108 | <b>0,6943</b><br>+/-<br>3,3038 | <b>0,4510</b><br>+/-<br>3,5809 | <b>0,5238</b><br>+/-<br>3,1473 | <b>0,6196</b><br>+/-<br>2,9894 | <b>0,4955</b><br>+/-<br>2,8138 | <b>0,5804</b><br>+/-<br>2,7963 | 1                              |

Figura 183 – Média e desvio padrão (+/-) dos pesos dados pelos especialistas para as atividades do Grupo Específico/Secundário (Fonte: Hamada, P., 2011)

A autora refere que os valores de desvio padrão representam a amplitude dos graus de importância dada por diferentes especialistas. Algumas atividades podem representar graus de importância diferentes, baseados na experiência profissional individual de cada especialista.

**Aplicação do índice nas cidades** – Antes de prosseguir com o desenvolvimento dos passos do método AHP, convém fazer aqui um parêntesis acerca de como foi construído e aplicado o **ÍNDICE** (de qualidade de gestão dos resíduos sólidos nas cidades). De acordo com a autora, uma vez quantificado o peso das atividades de gestão de resíduos sólidos, foi feito um questionário para sua aplicação em três municípios do estado de São Paulo: Lençóis Paulista, Bauru e Sorocaba. Foi considerado como cidade de pequeno porte aquelas com até 40 mil habitantes, de médio porte de 40 mil até 500 mil e de grande porte acima de 500 mil. Os municípios foram selecionados para representar o porte pequeno (Lençóis Paulista), médio (Bauru) e grande (Sorocaba) da cidade.

O questionário apresentou todas as atividades propostas pelos grupos específicos. Foi apresentado também o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), assinado pelos entrevistados. Em cada cidade foram feitas duas entrevistas com pessoas diferentes responsáveis e/ou encarregadas da gestão de resíduos sólidos. As respostas dos entrevistados foram quantificadas numa escala baseada na de Osgood e outros (1978), porém adaptada para cinco níveis, que é apresentada na figura 184.

|   |   |
|---|---|
| 0 | Não atende em nada aos questionamentos apresentados |
| 1 | Atende muito pouco ao questionamento                |
| 2 | Atende pouco ao questionamento                      |
| 3 | Atende razoavelmente ao questionamento              |
| 4 | Atende ao questionamento                            |
| 5 | Atende completamente ao questionamento              |

Figura 184 – Escala utilizada para a pontuação do atendimento aos questionamentos feitos sobre a gestão de resíduos sólidos (Fonte: Hamada, P., 2011)

As respostas dadas foram analisadas depois pelos pesquisadores envolvidos no trabalho, sendo feita uma mediação entre as diferentes respostas dadas pelas pessoas da mesma cidade.

Prosseguindo então com a aplicação do método AHP, os passos/etapas seguintes foram os usuais no método, ou seja: 2 – Normalização das matrizes de pesos / comparações para a par iniciais (aqui representadas pelas matrizes das figuras 182 e 183); 3 – Cálculo dos vetores de prioridades/vetores de Eigen/vetores médias das linhas (das matrizes normalizadas); 4 – Cálculo do vetor coluna; 5 – Obtenção do auto-valor



principal/auto-valor máximo,  $\lambda_{máx}$ ; 6 – Obtenção do índice randômico, IR; 7 – Cálculo do índice de consistência; 8 – Cálculo da taxa relativa de consistência, também designada de razão de consistência.

Desse modo, a normalização da matriz do grupo prioritário encontra-se esquematizada nas figuras 185 e 186.

| Grupo Prioritário         | Recursos Humanos | Legislação e Planejamento | Ações    |
|---------------------------|------------------|---------------------------|----------|
| Recursos Humanos          | 1                | 2,938776                  | 1,605442 |
| Legislação e Planejamento | 0,340278         | 1                         | 1,348299 |
| Ações                     | 0,622881         | 0,741675                  | 1        |
| Soma das Colunas          | 1,963159         | 4,68                      | 3,95     |

Figura 185 – Matriz do Grupo Prioritário com a soma das colunas para o cálculo da normalização (Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

| Matriz Normalizada |          |          |
|--------------------|----------|----------|
| 0,509383           | 0,627883 | 0,406056 |
| 0,173332           | 0,213655 | 0,341019 |
| 0,317285           | 0,158462 | 0,252925 |
|                    |          |          |

Figura 186 – Matriz do Grupo Prioritário, já normalizada (Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

A matriz já normalizada do grupo específico é a da figura 187.

| Grupo Secundário | A        | B        | C        | D        | E        | F        | G        | H        | I        |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| A                | 0,229528 | 0,394237 | 0,271354 | 0,261365 | 0,193862 | 0,167538 | 0,189251 | 0,172484 | 0,118617 |
| B                | 0,082254 | 0,141279 | 0,222325 | 0,200045 | 0,16642  | 0,151733 | 0,174527 | 0,168031 | 0,141418 |
| C                | 0,082779 | 0,062188 | 0,097863 | 0,176537 | 0,165535 | 0,174043 | 0,06859  | 0,075791 | 0,089399 |
| D                | 0,092694 | 0,074544 | 0,058512 | 0,105551 | 0,18215  | 0,134043 | 0,176802 | 0,140162 | 0,137618 |
| E                | 0,110048 | 0,078906 | 0,05495  | 0,053861 | 0,092948 | 0,142701 | 0,127304 | 0,128863 | 0,118505 |
| F                | 0,113681 | 0,077262 | 0,046658 | 0,065341 | 0,054048 | 0,082979 | 0,119853 | 0,111142 | 0,10018  |
| G                | 0,08003  | 0,053416 | 0,094148 | 0,039394 | 0,048178 | 0,045685 | 0,065986 | 0,097965 | 0,12526  |
| H                | 0,088885 | 0,05616  | 0,086246 | 0,050301 | 0,048178 | 0,049869 | 0,044991 | 0,066794 | 0,106936 |
| I                | 0,120102 | 0,062007 | 0,067943 | 0,047605 | 0,048682 | 0,05141  | 0,032697 | 0,038768 | 0,062067 |

Figura 187 – Matriz do Grupo Específico, já normalizada (Fonte: Hamada, P., 2011)

De referir que o procedimento para normalização das matrizes, seja do grupo prioritário seja do grupo específico/secundário, é o habitual, ou seja, resulta de dividir cada um dos elementos das respetivas matrizes de pesos/comparações par a par iniciais, pelo valor da soma da sua respetiva coluna.

O vetor de prioridades/vetor de Eigen/vetor médio das linhas, resulta de calcular simplesmente a média aritmética da soma dos elementos de cada linha das matrizes normalizadas. Assim, resultam os seguintes vetores de prioridades/vetores médios das linhas para os grupo prioritário e grupo específico que constam das figuras 188 e 189.

| <b>Grupo Prioritário</b> | <b>Vetor Média das Linhas</b> |
|--------------------------|-------------------------------|
| Recursos Humanos         | 0,514441                      |
| Legislação e Planeamento | 0,242668                      |
| Ações                    | 0,242891                      |
| Soma Vetor Média         | 1                             |

Figura 188 – Resultado do vetor média das linhas, para o Grupo Prioritário (Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

| <b>Grupo Secundário</b> | <b>Vetor Média das Linhas</b> |
|-------------------------|-------------------------------|
| A                       | 0,222026                      |
| B                       | 0,160892                      |
| C                       | 0,110303                      |
| D                       | 0,122453                      |
| E                       | 0,100898                      |
| F                       | 0,085683                      |
| G                       | 0,072229                      |
| H                       | 0,066484                      |
| I                       | 0,059031                      |
| Soma Vetor Média        | 1                             |

Figura 189 – Vetor médio das linhas, para o Grupo Específico (Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

Observação: Quando se calcula o vetor de prioridades/vetor médio das linhas, está-se obtendo o peso/prioridade/importância proporcional de cada uma das atividades, dentro do grupo a que pertence (Grupo Prioritário, que aqui faz as funções de “critérios”, ou Grupo específico/Secundário, que aqui faz as funções de “alternativas”/“projetos”, segundo as notações a que se estava mais habituado até aqui nos artigos). Ou seja, a importância/peso

**relativo** daquela atividade dentro do grupo a que pertence, visto que a soma das médias das linhas obrigatoriamente terá que dar o valor 1.

Com os vetores prioridade/vetores de Eigen/vetores médios das linhas, tanto para o grupo prioritário quanto para o grupo específico, pode-se partir para o cálculo do vetor coluna, que em qualquer dos casos deslta de multiplicar a matriz de pesos/comparações para a par inicial, **não normalizada** pelo vetor médio das linhas/vetor de prioridades. Fazendo isso quer parao grupo prioritário quer para o grupo específico, a autora chegou aos vetores coluna das figuras 190 e 191.

| Vetor<br>Coluna |
|-----------------|
| 1,617536        |
| 0,745211        |
| 0,743307        |

Figura 190 – Vetor coluna para o grupo prioritário (Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

| Vetor<br>Coluna |
|-----------------|
| 2,155152        |
| 1,553244        |
| 1,060957        |
| 1,163028        |
| 0,949302        |
| 0,807799        |
| 0,678409        |
| 0,626730        |
| 0,557940        |

Figura 191 – Vetor coluna para o grupo específico (Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

Dividindo agora os elementos dos vetores coluna de cada grupo pelos correspondentes valores dos seus vetores prioridade/vetores médios das linhas, obtém-se para cada um dos casos um outro vetor que até aqui se vinha designando por vetor D (de divisão), mas que a autora chamou de vetor  $\lambda_{\text{máx}}$ . Somando os elementos desse vetor e achando a respetiva média, obtem-se um valor extremamente importante que é o chamado auto-valor principal ou auto-valor máximo,  $\lambda_{\text{máx}}$  a que a autora chamou simplesmente **média**  $\lambda$ . É o que se apresenta nas figuras 192 e 193.

|                                   |                 |                                   |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
|                                   |                 | <b>Vetor <math>\lambda</math></b> |
|                                   |                 | 3,14426                           |
|                                   |                 | 3,070902                          |
| <b>Média <math>\lambda</math></b> | <b>3,091805</b> | 3,060253                          |

Figura 192 – Valor de  $\lambda_{\text{máx}}$ , grupo prioritário (= Média de  $\lambda$  para o grupo prioritário)  
(Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

|                                   |                 |                                   |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
|                                   |                 | <b>Vetor <math>\lambda</math></b> |
|                                   |                 | 9,706749                          |
|                                   |                 | 9,653930                          |
|                                   |                 | 9,618585                          |
|                                   |                 | 9,497762                          |
|                                   |                 | 9,408500                          |
|                                   |                 | 9,427792                          |
|                                   |                 | 9,392450                          |
| <b>Média <math>\lambda</math></b> | <b>9,509345</b> | 9,426730                          |
|                                   |                 | 9,451608                          |

Figura 193 – Valor de  $\lambda_{\text{máx}}$ , grupo específico (= Média de  $\lambda$  para o grupo específico)  
(Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

Com os valores dos  $\lambda_{\text{máx}}$  e através da expressão genérica  $IC = ( \lambda_{\text{máx}} - n ) / ( n-1 )$ , se considerar-se que para o grupo prioritário  $n = 3$  e que para o grupo específico  $n = 9$ , podem-se determinar os valores dos respectivos índices de consistência, IC, que vêm iguais a:

$$IC \text{ grupo prioritário} = ( \lambda_{\text{máx}} - n ) / ( n-1 ) = ( 3,091805 - 3 ) / 2 = 0,0459025$$

$$IC \text{ grupo específico} = ( \lambda_{\text{máx}} - n ) / ( n-1 ) = ( 9,509345 - 9 ) / 8 = 0,0636681$$

Considerando agora que os valores do índice randômico, IR, para  $n= 3$  é de 0,58, e que para  $n= 9$  é de 1,45, chegar-se-à aos valores da razão de consistência, CR, também designada por vezes de taxa de inconsistência relativa, através da respectiva expressão genérica  $CR = IC / IR$ , de 7,91% para o grupo prioritário, e de 4,49% para o grupo específico. Ambos os valores cumprem o critério de serem no máximo iguais a 10%, e sendo o valor de CR para o grupo específico inferior ao CR do grupo prioritário isso significa que os pesos atribuídos na matriz de comparações par a par/julgamentos do grupo específico são mais consistentes/coerentes.

Esse resultado, de acordo com Saaty (2009), reforça a maior consistência do método AHP em matrizes com maior número de julgamentos.

Segundo a autora, dentro do Grupo Prioritário, o Recurso Humano foi o que apresentou maior porcentagem, quase 52%, o que significa que, ao avaliar a importância deste na gestão de resíduos sólidos, foi frequentemente considerado pelos especialistas como mais importante do que as outras atividades com as quais foi comparado. As áreas de Legislação e Planejamento e de Ações apresentaram valores próximos, 24% cada. São também importantes e representam praticamente ¼ de toda gestão.

Para o índice do Grupo Prioritário os pesos são os apresentados na fórmula que se segue:  **$0,52 \cdot RH + 0,24 \cdot LP + 0,24 \cdot A = (\text{soma pesos} = 1,00)$**

Pelos resultados a que Hamada, P. (2011) chegou, pode-se verificar que dentro do Grupo Específico, logo nos dois primeiros lugares em termos de importância aparecem duas atividades da “área” de Recursos Humanos, que são, e respectivamente, em primeiro lugar, a Formação Profissional Adequada do profissional que atua na gestão dos RSU (atividade A) e a existência de Programas de Capacitação, Especialização, Pós-Graduação na área de RSU (atividade B); em terceiro lugar, em termos de importância, aparece a primeira das atividades da “área” de Legislação e Planejamento, respectivamente a importância da Existência do Plano Municipal de Gestão e Legislação Municipal Específica para RSU (atividade D); como quarta atividade mais importante surge de novo uma atividade da “área” de Recursos Humanos, que é a das Responsabilidades bem Definidas no Organograma Administrativo (atividade C); em quinto e sexto lugares aparecem as restantes duas atividades da “área” de Legislação e Planejamento, respectivamente a Organização dos Planos de Ações (com estabelecimento de metas e cronogramas – atividade E) e a Existência de Planos, Programas e Projetos para Melhoria da Gestão de RSU (atividade F); finalmente apenas nos três últimos lugares de importância surgem as atividades relacionadas com a “área” de Ações, respectivamente em sétimo a Coleta Seletiva (atividade G), em oitavo a Triagem e Processamento para o Reaproveitamento de RSU (atividade H) e em nono lugar a Licença Ambiental para os Aterros Sanitários (atividade I).

Segundo a autora a ordem de importância dentro do Grupo Específico/Grupo Secundário acaba por se mostrar bastante coerente, uma vez que sem recursos humanos com a devida formação profissional e com possibilidades de terem acesso a programas de capacitação, especialização e pós-graduação na área de RSU não há ações sustentáveis. Ainda segundo ela, por outro lado a presença de marcos legais (legislação) apresenta um certo potencial de incentivo (importância) para as ações. Conclui que portanto é válido ressaltar que todas as atividades são de suma importância para a gestão de resíduos

sólidos (RS), mas que é preciso se atentar na relevância e, na falta dela, que pode estar sendo dada para um único fator.

A expressão a seguir traduz as importâncias relativas/ponderadas (os pesos) de cada uma das atividades para o Grupo Específico:

**$0,23*(A)+0,16*(B)+0,11*(C)+0,12*(D)+0,10*(E)+0,08*(F)+0,07*(G)+0,06*(H)+0,06*(I)=$**   
**(soma pesos =1,00)**; sendo que:

(A) Formação profissional adequada;

(B) Programas de capacitação, especialização, pós-graduação, entre outros, na área de RSU;

(C) Responsabilidade definida dentro do organograma administrativo;

(D) Plano Municipal de Gestão e Legislação municipal específica para RSU;

(E) Organização dos planos de ações (metas, cronograma);

(F) Planos, programas, projetos para melhora da gestão de RSU;

(G) Coleta Seletiva;

(H) Triagem e processamento para o reaproveitamento de RSU;

(I) Licença Ambiental do Aterro Sanitário.

Observando-se as expressões a que se chegou para os pesos no índice do Grupo Prioritário,  **$0,52*RH+0,24*LP+0,24*A=$**  (soma pesos =1,00), e para os pesos/importâncias relativas/ponderadas de cada uma das atividades para o Grupo Específico,  **$0,23*(A)+0,16*(B)+0,11*(C)+0,12*(D)+0,10*(E)+0,08*(F)+0,07*(G)+0,06*(H)+0,06*(I)=$**  (soma pesos =1,00), pode-se verificar o seguinte: a soma dos pesos das atividades (A), (B), e (C) na segunda daquelas expressões, dá um valor diferente de 0,52, que era quanto representava na primeira expressão o grupo de atividades “Recursos Humanos”, mas as diferenças são ainda maiores quando somamos na segunda expressão os pesos das atividades (D), (E) e (F) e comparamos com o valor de 0,24, que é quanto representa na primeira expressão o grupo de atividades “Legislação e Planejamento”, ou quando somamos na segunda expressão os pesos das atividades (G), (H) e (I) e comparamos com o valor 0,24 também, que é quanto representa na primeira expressão o grupo de atividades “Ações”. Isso deve-se à diferença de valores de consistência das matrizes de comparação par a par conforme se esteja no Grupo Prioritário ou no Grupo Específico.

Como o valor de CR obtido para o grupo específico foi mais baixo do que o correspondente CR do grupo prioritário, revelando maior consistência da matriz de

comparações par a par do primeiro desses grupos, a autora considerou a expressão  **$0,23*(A)+0,16*(B)+0,11*(C)+0,12*(D)+0,10*(E)+0,08*(F)+0,07*(G)+0,06(H)+0,06*(I)=$  (soma pesos =1,00 para depois chegar à determinação do índice de qualidade de gestão de resíduos sólidos).**

Esse índice de qualidade de gestão de resíduos sólidos, será tanto maior quanto mais próximo da unidade for o seu valor (valor ótimo).

A figura 194 apresenta os pesos obtidos através da avaliação dos dados fornecidos pelos especialistas.

| Grupos Prioritários       | Grupos Secundários   |               |
|---------------------------|--|---------------|
| Recursos Humanos          | Formação Profissional adequada   | 0,2313        |
|                           | Programas de Capacitação, especialização, pós-graduação na área RSU      | 0,1632        |
|                           | Responsabilidade dentro do Organograma Administrativo                    | 0,1092        |
|                           | Soma   | <b>0,5037</b> |
| Legislação e Planejamento | Plano Municipal de Gestão e Legislação municipal específica para RSU     | 0,1221        |
|                           | Organização dos Planos de Ações (metas, cronograma)                      | 0,0999        |
|                           | Existência de planos, programas, projetos para melhoria de gestão de RSU | 0,0839        |
|                           | Soma   | <b>0,3059</b> |
| Ações                     | Coleta Seletiva  | 0,0696        |
|                           | Triagem e processamento para o reaproveitamento de RSU                   | 0,0634        |
|                           | Licença Ambiental do Aterro Sanitário                                    | 0,0574        |
|                           | Soma   | <b>0,1904</b> |

Figura 194 – Pesos obtidos através da avaliação dos dados fornecidos pelos especialistas (Fonte: adaptado de Hamada, P., 2011)

Devido à maior consistência dos dados da matriz do Grupo Específico, foi este o escolhido como válido para a aplicação do método e do índice de gestão de qualidade de resíduos sólidos, nos três municípios estudados do Estado de São Paulo.

A seguir a autora faz um diagnóstico e aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos em três municípios do estado de São Paulo (Lençóis Paulista, Bauru e Sorocaba).

### **LENÇÓIS PAULISTA – DIAGNÓSTICO RESUMIDO DA SITUAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS:**

# 61 454 habitantes ; # 24 ton lixo/dia (CETESB, 2011); # precária infra-estrutura de triagem e compostagem; # aterro dos RSU em valas; # usina de triagem e compostagem laborando com funcionários da prefeitura, com pouco interesse em recicláveis para vender (salário fixo); # nº elevado de faltas ao trabalho; #catadores informais.

A UNESP de Botucatu forneceu apoio à prefeitura na elaboração e efetivação de um PIGRSU (Plano Integrado de Gestão, Gerenciamento e Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos. O objetivo era implantar a coleta seletiva e melhorar a infra-estrutura das usinas de triagem e compostagem.

Em 2004 iniciou-se a coleta seletiva, porém o material é pouco, sendo necessária a separação de recicláveis entre o lixo doméstico misturado. Isso causa uma série de perigos e inconvenientes, além da desvalorização do preço no mercado deste reciclável “contaminado”.

O aterro da cidade apresenta Licença de Operação e é considerado como aterro controlado. No entanto o aterro da cidade não apresenta condições para que seja considerado como aterro sanitário.

**Aplicação do Índice de Gestão de Resíduos Sólidos – Lençóis Paulista:** após a realização do diagnóstico das características da cidade, a autora fez uma visita à mesma no dia 04/10/2011, onde aplicou um questionário a duas pessoas ligadas ao gerenciamento de RSU na cidade. No referido questionário, foram-lhes apresentadas/descritas todas as atividades de gerenciamento que estavam sendo avaliadas, as quais correspondiam às atividades do grupo específico. Essas pessoas tinham que pontuar cada uma dessas atividades na cidade numa escala de 0 a 5, que é a da figura 184, com os significados que nela constam.

Exemplificando, as pessoas tinham que avaliar se a Gestão de RS na cidade era conduzida /coordenada por pessoas com a adequada formação profissional (atividade A), numa escala em que 0 significaria que esse quesito era completamente desatendido (0%=0), 1 significaria que era muito pouco atendido (20%=0,20), 2 que era pouco atendido (40%=0,4), 3 que era razoavelmente atendido (60%=0,6), 4 que era atendido (80%=0,8), e 5 que era completamente atendido (100% = 1).

Exemplificando com uma atividade agora relativa a Legislação e Planejamento, suponhamos a atividade D, as pessoas teriam que avaliar se existia na cidade um Plano Municipal de Gestão de RSU e Leis Municipais específicas sobre RSU, voltando a aplicar os valores da escala. E assim sucessivamente para todas as 9 atividades do Grupo Específico/Grupo Secundário (desde A até I) .

Quando as respostas obtidas divergiam, era feita uma média, tentando considerar o nível que melhor representava a situação encontrada na cidade.

A figura 195 traduz a resposta ao questionamento às duas pessoas em Lençóis Paulista



|                     |                            |   |      |
|---------------------|----------------------------|---|------|
| Recursos Humanos    | Formação                   | 5 | 100% |
|                     | Capacitação                | 5 | 100% |
|                     | Organograma Administrativo | 5 | 100% |
| Leis e Planejamento | Leis Específicas           | 2 | 40%  |
|                     | Metas e Cronogramas        | 4 | 80%  |
|                     | Projetos e Programas       | 5 | 100% |
| Ações               | Licença Ambiental Aterro   | 3 | 60%  |
|                     | Coleta Seletiva            | 5 | 100% |
|                     | Triagem                    | 4 | 80%  |

Figura 195 -\_Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Lençóis Paulista (Fonte: adaptado de Hamada, 2011)

A seguir, esses valores percentuais, transformados para a sua forma decimal, os quais acabam representando as letras/atividades (A), (B), (C), (D), (E), (F), (G), (H), (I) na expressão

**$0,23*(A)+0,16*(B)+0,11*(C)+0,12*(D)+0,10*(E)+0,08*(F)+0,07*(G)+0,06(H)+0,06*(I)$** , que havia sido escolhida/definida para aplicação nos 3 municípios paulistas analisados, foram introduzidos na dita, chegando-se assim ao valor do índice de gestão de resíduos sólidos para a cidade, conforme apresentado na figura 196. Recordar que os coeficientes numéricos da expressão ( 0,23 , 0,16 , 0,11 , 0,12 , 0,10 , 0,08 , 0,07 , 0,06 , e 0,06 ) tinham resultado dos valores achados para o vetor médio das linhas das atividades do Grupo específico.

| Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos Sólidos - IQG |                            |   |      | Índice de Gestão de Resíduos Sólidos |              |
|---|----------------------------|---|------|--------------------------------------|--------------|
| Recursos Humanos  | Formação                   | 5 | 100% | 0,23                                 | <b>0,23</b>  |
|   | Capacitação                | 5 | 100% | 0,16                                 | <b>0,16</b>  |
|   | Organograma Administrativo | 5 | 100% | 0,11                                 | <b>0,11</b>  |
| Leis e Planejamento                                     | Leis Específicas           | 2 | 40%  | 0,12                                 | <b>0,048</b> |
|   | Metas e Cronogramas        | 4 | 80%  | 0,10                                 | <b>0,08</b>  |
|   | Projetos e Programas       | 5 | 100% | 0,08                                 | <b>0,08</b>  |
| Ações   | Licença Ambiental Aterro   | 3 | 60%  | 0,07                                 | <b>0,042</b> |
|   | Coleta Seletiva            | 5 | 100% | 0,06                                 | <b>0,06</b>  |
|   | Triagem                    | 4 | 80%  | 0,06                                 | <b>0,048</b> |
|   |                            |   |      | <b>Valor Total</b>                   | <b>0,858</b> |

Figura 196 -\_Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Lençóis Paulista e a aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos (Fonte: Hamada, 2011)

O valor total do índice de gestão de resíduos para Lençóis Paulista foi de 0,858, conforme a figura anterior. Como o valor máximo possível de ser obtido para o Índice de Gestão de Resíduos Sólidos é 1,00, pode-se afirmar que o município obteve um porcentual próximo desse máximo (85,8%).

Da figura anterior resulta que na parte de Recursos Humanos, os responsáveis pela gestão, gerenciamento e manejo de resíduos no município atendem completamente ao

parâmetro (100% de porcentual obtido no conjunto das correspondentes 3 atividades). Constatou-se também que o incentivo para a realização da pós-graduação é grande, sendo que ambos responsáveis são Mestres. O organograma administrativo da cidade é focado na Diretoria de Agricultura e Meio Ambiente.

A elaboração do Plano de Gerenciamento de RS, segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, está previsto para 2012 (daí a baixa nota obtida = 2 = 40% = 0,4). Os cronogramas são elaborados, porém nem sempre são cumpridos de acordo com o previsto (nota 4 = 80% = 0,8). As metas estão sendo alcançadas. A triagem é feita inclusive no lixo comum, não separado (nota máxima, 5 = 100% = 1 – **embora não confira com o valor apresentado na figura 196 – o pesquisador julga que resulta da autora ter acabado por fazer uma inversão das últimas 3 atividades do grupo específico, que deveriam aparecer na ordem Coleta seletiva (G), Triagem (H) e Licença Ambiental Aterro (I), e que aparecem respectivamente na ordem (I), (G), e (H), houve uma inversão. Essa questão volta a repetir-se nas figuras 197 e 198, ainda que na figura 197 qualquer dos três critérios tenha obtido pontuação 4, o que retira nesse caso a possibilidade de “erro” na análise/raciocínio escrita/o nos parágrafos subsequentes do texto da dissertação. O pesquisador optou por não alterar nem as figuras nem o texto da autora**). O município apresenta ainda condição não adequada para resíduos de serviços de saúde e de construção civil, além da nota do IQR ser menor que 8,0 (CETESB, 2011), sendo considerado um aterro controlado, apesar da licença ambiental existente, mas não pode ser considerado um aterro sanitário (daí a nota 4 = 80% = 0,8).

#### **BAURU – DIAGNÓSTICO RESUMIDO DA SITUAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS:**

# 344.039 habitantes (IBGE, 2011), sendo 98% população urbana; # 203,3 ton lixo/dia (CETESB, 2011); # responsável pelo gerenciamento de RS é o próprio município (EMDURB – empresa municipal); # EMDURB : 1- Coleta de resíduos domiciliares (RD) e Públicos; 2 – Coleta de Resíduo Sólido de Saúde (RSS); 3 – Varrição; 4 – Demais Serviços; # atualmente a coleta de resíduos sólidos de construção (RSC) é feita por autônomos, e fiscalizada pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA). A SEMMA autorizou a viabilidade da área de destinação final para o RSC (Bolsão de Entulhos), e assinou o termo de compromisso com o proprietário da área e com a ASTEN; # até 2005 a Central de Reciclagem, o Bolsão de Entulhos e o Viveiro de Mudas não apresentavam nenhum tipo de licença ambiental; # em 2007 a Central de Reciclagem obteve licença de Operação e o Viveiro de Mudas Licença de Instalação; # o aterro sanitário de Bauru apresenta licença de operação; # em 2007 a área para destinação de entulhos não apresentou nenhum tipo de licença; # nota-se o baixo valor apresentado pela Prefeitura de Bauru para o levantamento realizado para elaboração do Diagnóstico do Manejo de RSU quanto à quantidade de RSC,

visto que normalmente esta ultrapassa o peso dos RD; # Bauru apresenta coleta seletiva, organizada pela SEMMA, que abrange 70% da cidade; # possui uma única usina de reciclagem, que não consegue abranger todo o potencial de reciclagem em termos de quantidade de resíduos recicláveis. Nessa central atua a Cooperativa dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis (COOTRAMAT). A central apresenta estrutura precária; # o material recuperado é vendido para empresas da região. Não são recuperados os resíduos volumosos nem os resíduos de madeira. (recuperados: papel e papelão, plástico, metais, vidros, etc); # percentagem de materiais recuperados que chegam à central: cerca de 50% (os outros 50% vão para aterro sanitário).

**Aplicação do Índice de Gestão de Resíduos Sólidos– Bauru:** foi realizada com os responsáveis da SEMMA e da EMDURB, de forma idêntica ao que havia sido feito em Lençóis Paulista. **O valor total obtido para Bauru foi de 0,5360** , de acordo com a figura 197.

| Bauru - Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos Sólidos - IQG |                            |       |             | Índice de Gestão de Resíduos Sólidos |              |
|---|----------------------------|-------|-------------|--------------------------------------|--------------|
| Grupo Prioritário   | Grupo Específico           | Nível | Porcentagem | Pesos                                | Valor        |
| Recursos Humanos  | Formação                   | 5     | 100%        | 0,23                                 | <b>0,23</b>  |
|   | Capacitação                | 0     | 0%          | 0,16                                 | <b>0</b>     |
|   | Organograma Administrativo | 3     | 60%         | 0,11                                 | <b>0,066</b> |
| Leis e Planejamento   | Leis Específicas           | 3     | 60%         | 0,12                                 | <b>0,072</b> |
|   | Metas e Cronogramas        | 0     | 0%          | 0,10                                 | <b>0</b>     |
|   | Projetos e Programas       | 1     | 20%         | 0,08                                 | <b>0,016</b> |
| Ações   | Licença Ambiental Aterro   | 4     | 80%         | 0,07                                 | <b>0,056</b> |
|   | Coleta Seletiva            | 4     | 80%         | 0,06                                 | <b>0,048</b> |
|   | Triagem                    | 4     | 80%         | 0,06                                 | <b>0,048</b> |
|   |                            |       |             | <b>Valor Total</b>                   | <b>0,536</b> |

Figura 197 -\_Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Bauru e a aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos (Fonte: Hamada, 2011)

Se se considerar que o valor máximo possível de ser obtido para o índice de gestão de resíduos sólidos é 1,00, se destaca desde logo que Bauru passou pouco mais da metade desse valor.

A formação profissional foi considerada adequada, pois dentre as quatro pessoas principais envolvidas, duas apresentam formação profissional na área de RSU, embora sem pós-graduação. Porém, como o foco era na formação profissional, foi atribuído o valor máximo (5), na avaliação deste parâmetro.

É completamente inexistente o incentivo para realização de pós-graduação, ou praticamente (daí a pontuação 0 neste quesito).

O organograma administrativo não é bem definido. Assim, ainda que competências sejam atribuídas, percebe-se que algumas etapas anteriores à execução de alguma operação de aterro ou de reciclagem em usina, como sejam planejamento e elaboração de projetos, estão deficientes (daí a pontuação 3 neste ítem).

Existem leis específicas para resíduos sólidos. Assim, a cidade possui uma Política Municipal de Limpeza Urbana e de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, mas ainda não tem Plano Diretor, Plano Diretor Ambiental, nem Plano de Resíduos Sólidos, e não há previsão das suas respectivas elaborações (daí, tudo considerado, nota 3 nesta atividade).

A cidade participa em alguns programas gerais e pontuais de ações na gestão do RSU, porém não tem nenhum de iniciativa própria. Essa ausência de planos, programas e projetos leva à inexistência de metas e cronogramas (daí pontuação 0 neste ítem).

O aterro sanitário tem licença ambiental. Porém, a nota apresentada no IQR é menor que 8,0, sendo considerado como aterro controlado (CETESB, 2011), e a área que recebe entulhos ainda não é adequada (daí a nota 4).

A coleta seletiva abrange grande parte da área urbana da cidade (daí a nota 4), e a cooperativa responsável pela separação/triagem do material enviou projeto ao BNDE para o financiamento de melhorias para a usina de reciclagem (daí nota 4).

### **SOROCABA – DIAGNÓSTICO RESUMIDO DA SITUAÇÃO DE RESÍDUOS**

#### **SÓLIDOS:**

# 586.313 habitantes (IBGE, 2011); # 406,2 ton lixo/dia (CETESB, 2011); # responsável pelo gerenciamento de RS é o próprio município mas terceirizou essa tarefa. Assim, existem 10 funcionários públicos na área de manejo de resíduos sólidos, e 312 no privado (terceirizados); # as coletas de RSC (resíduos sólidos de construção) e de RSS (resíduos de serviços de saúde) e o serviço de varrição também são privados; # Sorocaba possui Selo de Município Verde Azul (Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo) desde 2007; # realiza diversos programas voltados para a área ambiental, entre os quais o Programa Cidade Super Limpa, que atua na coleta e disposição final de resíduos sólidos, incluindo limpeza de áreas públicas, manutenção de terrenos e reciclagem de materiais; # tem quatro cooperativas para coleta seletiva, triagem e venda de materiais recicláveis; # apresenta potencial de reciclagem, devido ao porte da cidade, localização (próximo aos compradores) e de geração de recicláveis, e vem se aprimorando no quesito ambiental; # através do Projeto Cidade Limpa instalou Ecopontos (60 caçambas em 16 pontos da cidade), que recebem desde 2007 os entulhos da construção civil e madeira, até um limite máximo de 1m<sup>3</sup>/pessoa; material retirado 2 a 5 vezes/semana; # parte desse material é triturado e reutilizado em serviços de manutenção de estradas de terra e na pavimentação;

#os rejeitos desses ecopontos são levados para o aterro de inertes municipal; # o município apresenta aterro sanitário em condições adequadas, com Licença de Instalação e Operação (CETESB, 2010) e tem também o Aterro Sanitário Industrial Municipal, com Licença de operação; # para a atuação das quatro cooperativas de coleta seletiva, triagem e venda de materiais recicláveis, a cidade foi dividida em seis regiões consideradas semelhantes do ponto de vista de geração de recicláveis. A Prefeitura providenciou os equipamentos básicos de infra-estrutura como sejam caminhões de coleta, prensas de materiais, galpões de armazenamento e equipamentos de proteção para os cooperados.

**Aplicação do Índice de Gestão de Resíduos Sólidos – Sorocaba:** a aplicação foi feita com duas pessoas, uma da Secretaria de Obras e outra da Secretaria de Parcerias, de modo idêntico àquele que já havia sido feito em Lençóis Paulista e em Bauru. O valor total obtido para o índice em Sorocaba foi de 0,886, de acordo com a figura 198.

| Sorocaba - Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos Sólidos - IQG |                            |       |             | Índice de Gestão de Resíduos Sólidos |              |
|--|----------------------------|-------|-------------|--------------------------------------|--------------|
| Grupo Prioritário  | Grupo Específico           | Nível | Porcentagem | Pesos                                | Valor        |
| Recursos Humanos   | Formação                   | 5     | 100%        | 0,23                                 | <b>0,23</b>  |
|  | Capacitação                | 5     | 100%        | 0,16                                 | <b>0,16</b>  |
|  | Organograma Administrativo | 3     | 60%         | 0,11                                 | <b>0,066</b> |
| Leis e Planejamento  | Leis Específicas           | 5     | 100%        | 0,12                                 | <b>0,12</b>  |
|  | Metas e Cronogramas        | 4     | 80%         | 0,10                                 | <b>0,08</b>  |
|  | Projetos e Programas       | 4     | 80%         | 0,08                                 | <b>0,064</b> |
| Ações  | Licença Ambiental Aterro   | 5     | 100%        | 0,07                                 | <b>0,07</b>  |
|  | Coleta Seletiva            | 3     | 60%         | 0,06                                 | <b>0,036</b> |
|  | Triagem                    | 5     | 100%        | 0,06                                 | <b>0,06</b>  |
|  |                            |       |             | <b>Valor Total</b>                   | <b>0,886</b> |

Figura 198 - Nível de adequação às atividades de gestão apresentadas pela cidade de Sorocaba e a aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos (Fonte: Hamada, 2011)

Pela figura anterior se constata que Sorocaba também apresentou um valor do índice de gestão de resíduos sólidos muito próximo do máximo possível (0,886 em 1,00 máximo possível).

A formação profissional é adequada, sendo apenas destacada a falta de funcionários (pontuação 5).

Existe incentivo para capacitação. Assim, uma das pessoas está terminando o mestrado com possibilidade de doutorado. Não apenas há o incentivo das pessoas de responsabilidade técnica como também da área administrativa, mesmo que a liberação destas pela secretaria para as aulas seja apenas razoável. Existe plano de carreira, no qual a qualificação é premiada (pontuação 5).

O organograma administrativo apresentou atribuições de responsabilidades entre setores envolvidos na gestão de resíduos sólidos, porém distribuídos em entre cinco

divisões em vez de duas, como acontecia em Bauru. Dessa forma, a comunicação é dificultada e os limites de ação são estreitos (pontuação 3).

A cidade possui diversas leis relacionadas com o manejo de resíduos sólidos, como a Lei de Limpeza Urbana, Lei de Saneamento, e Plano Diretor Ambiental, além de leis específicas. Ainda não possui o Plano de Resíduos Sólidos, mas está em fase de licitação para estudos visando a sua implantação (pontuação 5).

Sorocaba apresenta Planos de Ações com metas claras e cronograma, ainda que este não seja sempre cumprido dentro do estabelecido (pontuação 4).

As licenças ambientais do aterro sanitário, aterro para inertes, da máquina recicladora de entulhos, e da picadora de galhos (localizada no aterro de inertes) estão adequados. Apresenta nota 10 no IQR (CETESB). Por isso foi a única das três cidades a ter pontuação 5 (máximo) no quesito Licença Ambiental do Aterro.

A coleta seletiva apresenta uma baixa abrangência territorial (pontuação 3).

A triagem realizada é bem organizada e seletiva. As centrais de triagem de reciclados estão em perfeito funcionamento. Há o aproveitamento de alguns materiais vindos dos RCC/RCD através do uso da máquina trituradora de entulhos. São recolhidos resíduos perigosos, de serviços de saúde, eletrônicos e pilhas e baterias (pontuação 5).

Hamada, P. (2011) observa que nas cidades com melhor pontuação no índice de gestão de resíduos sólidos (Sorocaba e Lençóis Paulista), a valorização do recurso humano é essencial. Assim, uma empresa/município bem sucedido incentiva seus funcionários a serem cada vez melhores, além de apresentar planos e metas claras para que seja possível não só alcançá-los, como ter ciência quando não forem cumpridos.

Sorocaba pode apresentar dificuldades em gerenciar os três grupos de secretarias na tomada de decisão sobre a gestão de resíduos sólidos, pois cada uma é encarregada de determinadas seções, sem a responsabilidade do todo. Porém, é uma cidade que apresenta boas condições de gestão de resíduos sólidos sendo mais eficiente que Bauru, que tem apenas duas entidades responsáveis pelo gerenciamento dos RSU. Logo, a estrutura administrativa influencia menos que o recurso humano (sua capacitação) por trás dos órgãos.

Lençóis Paulista apresenta tanto a centralização da gestão como um gestor capacitado e com liderança, o que se pode considerar adequado em função do pequeno porte da cidade. O Recurso Humano foi considerado como o de maior relevância pelos especialistas consultados neste estudo para gestão de resíduos sólidos.

A cidade de Lençóis Paulista, mesmo com menos recursos e estrutura para resíduos de construção, aterro controlado e coleta de recicláveis direto do lixo doméstico, apresentou um índice de gestão semelhante ao de Sorocaba. No entanto não se deve apenas olhar para o resultado final para avaliar a gestão. É necessário ser-se mais cauteloso. O valor do índice é apenas uma parte a ser considerada, é uma síntese de informações. A real importância do índice está na análise que deve ser feita em relação a cada parâmetro ou indicador da gestão, e se estes estão sendo atendidos nos municípios.

Mais que um registro da disposição final, como é o IQR da CETESB, o índice de gestão de resíduos proposto por Hamada, P. (2011), avalia o potencial de melhorias das condições através da boa gestão, baseada na boa formação e trabalho desempenhado pelos gestores e funcionários.

A comparação entre cidades tão diferentes quanto Lençóis Paulista e Sorocaba, que obtiveram resultados parecidos para o índice de gestão de resíduos sólidos proposto por Hamada, P. (2011), sendo que o seu porte e nº de funcionários envolvidos no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é tão diferente, mostra que mais do que a quantidade, no balanço entre porte e nº de pessoas, interessa a qualidade dos serviços prestados e a qualidade técnica das pessoas responsáveis e que o porte da cidade não é empecilho para uma boa gestão.

Hamada, P. (2011) conclui que na aplicação do índice de gestão de resíduos sólidos, devem ser consideradas as características peculiares de cada cidade. E que o índice não deve ser o único meio de identificação dos problemas em gestão de resíduos sólidos, mas sim uma ferramenta auxiliar, e que mesmo a análise de indicadores, ainda que mais objetiva, também deve ser alvo de críticas e de constante avaliação. As avaliações feitas por indicadores também elas devem ser consideradas complementares.

A autora apresenta como limitação ao método AHP a grande variedade de atividades de gestão que podem ser incluídas nos grupos específicos, ou seja, diferentes formas de arranjo entre as atividades. Outra limitação seria a quantidade de especialistas a serem consultados. Quanto mais pesquisadores forem consultados, desde que bem selecionados, maior quantidade de comparações e opiniões, o que tendencialmente leva a maior consistência embora aumente o volume de cálculos.

Ainda assim, para a ponderação das atividades, o método AHP mostrou-se satisfatório, possibilitando a formulação de um ranking de importância entre as atividades de gestão de resíduos sólidos, de modo que o método AHP pode ser considerado uma ferramenta útil para o processo de tomada de decisão.

### **3.4.2. O MÉTODO ELECTRE**

#### **3.4.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O método ELECTRE, diferentemente do método AHP, que surge da chamada escola americana de métodos multicriteriais de apoio à decisão, provém da escola francesa. A sigla ELECTRE significa na sua língua mãe “Elimination et Choix Traduisant la Réalité” o que traduzido literalmente para o português significaria “Eliminação Traduzindo a Realidade”.

O método ELECTRE é um daqueles métodos que acabou sofrendo evoluções (ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE TRI...), e como tal, na impossibilidade de aqui apresentá-las todas escolheu-se uma, o ELECTRE II.

Os métodos ELECTRE, ao contrário do método AHP, não obrigam a uma hierarquização dos critérios nem a uma comparação par a par entre alternativas.

As várias evoluções do método ELECTRE acabam se diferenciando pelo tipo de problemas que pretendem resolver, pelas informações inter e intracriteriais necessárias, e pela quantidade de relações de superação construídas/usadas.

Para se proceder à seleção de alternativas com o método multicriterial ELECTRE, e em termos mais genéricos pode-se afirmar que se seguem estas linhas mestras: primeiro define-se um conjunto de alternativas (ações, candidatos, objetos, projetos), das quais se acabará escolhendo a(s) melhor(es), depois definem-se também um conjunto de critérios pelos quais essas alternativas serão avaliadas (são atributos das alternativas que de algum modo medem o respectivo desempenho – em muitas situações estes critérios são objetivos a maximizar ou a minimizar, alguns serão triviais e outros serão críticos), e torna-se então imperativo ordenar esses critérios pela sua importância.

Para isso, a cada critério atribui-se uma ponderação de pesos de importância, ( $w$ ), que representam a sua importância relativa em relação às preferências de quem classifica as alternativas. Depois deve-se proceder a uma qualificação das alternativas segundo esses critérios. E finalmente, avaliar e selecionar. Para as alternativas é muitas vezes usada a notação  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ , para os critérios a notação  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_m$ , e para os pesos a notação  $W_1, W_2, \dots, W_m$ .

Desse tipo de procedimentos resultam tabelas de qualificação/classificação das alternativas segundo os critérios do gênero da figura 199.



| ALTERNATIVAS | CRITÉRIOS       |                 |                 |                     |                   |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------|
|              | C1              | C2              | C3              | C.....              | Cm                |
| Alt 1        | a <sub>11</sub> | a <sub>12</sub> | a <sub>13</sub> | .....               | a <sub>1m</sub>   |
| Alt 2        | a <sub>21</sub> | a <sub>22</sub> | a <sub>23</sub> | .....               | a <sub>2m</sub>   |
| Alt 3        | a <sub>31</sub> | a <sub>32</sub> | a <sub>33</sub> | .....               | a <sub>3m</sub>   |
| Alt 4        | a <sub>41</sub> | a <sub>42</sub> | a <sub>43</sub> | .....               | a <sub>4m</sub>   |
| .....        | .....           | .....           | .....           | .....               | a <sub>...m</sub> |
| Alt n        | a <sub>n1</sub> | a <sub>n2</sub> | a <sub>n3</sub> | a <sub>n.....</sub> | a <sub>nm</sub>   |
| PESOS        | w <sub>1</sub>  | w <sub>2</sub>  | w <sub>3</sub>  | w <sub>.....</sub>  | w <sub>m</sub>    |

Figura 199 – Matriz de qualificações/classificações das alternativas segundo os critérios estabelecidos – método ELECTRE (Fonte: o pesquisador, 2018)

Basicamente o método ELECTRE acaba se aplicando em duas etapas:

1ª ETAPA: Construir relações de sobreclassificação entre as alternativas, por meio de comparações aos pares.

2ª ETAPA: Etapa de “destilação”/separação ou de “exploração”. É esta etapa que determina a ordem de preferência entre as alternativas. Usa a relação  $A_h * S_j * A_k$  (significa que a alternativa  $A_h$  é pelo menos tão boa como a alternativa  $A_k$  para a maioria dos critérios  $j$  e não há nenhum critério para o qual a alternativa  $A_h$  seja notoriamente inferior a  $A_k$ ).

### 3.4.2.2 O ELECTRE II

O ELECTRE II naturalmente resulta de uma evolução do correspondente método ELECTRE I. Ele acaba usando dois gráficos produzidos pelo ELECTRE I como dados de entrada. Um deles representa uma estrutura de preferência forte e o outro representa uma estrutura de preferência fraca.

O ELECTRE II acaba resultando num ranking das alternativas “não dominadas”. O método é particularmente indicado para problemas de ordenação. Serve para escolher os sistemas preferidos pela maioria dos critérios e que não ultrapassem um determinado nível de desconforto ou descontentamento aceites pelo decisor, em nenhum dos critérios considerados. O método trabalha com duas métricas, uma de concordância e outra de discordância. Ele estabelece uma ordenação completa sobre um conjunto de alternativas iniciais que satisfaça:

- **Teste de concordância:** a medida de concordância deverá estar acima de um determinado nível de aceitabilidade

- **Teste de discordância:** A medida de discordância deverá estar abaixo de um nível máximo tolerável de discordância.

Assim, e para analisar esses critérios são construídas matrizes de concordância e

matrizes de discordância, preenchidas com valores respetivamente de  $p$  e de  $q$ , compreendidos em ambos os casos no intervalo  $[0, 1]$ ; a concordância desejada deverá ser  $\geq$  que um valor  $p^-$  e a discordância máxima tolerável deverá ser  $\leq q^-$ .

O procedimento de ordenação das alternativas é constituído por dois estágios distintos de pré-ordenação. No primeiro estágio define-se a ordenação progressiva e no segundo estágio define-se a ordenação regressiva. Essas duas ordenações costumam ser diferentes, porém próximas. O decisor pode escolher a média delas. Caso contrário deve-se redefinir o problema e reaplicar o método.

Em jeito de síntese dizer então que o método ELECTRE II é indicado para resolver problemas de ordenação (ordenar as alternativas da melhor para a pior), que os conceitos de **concordância** e **discordância** são utilizados para esse efeito, e que a ordenação é estabelecida através de duas pré-ordens construídas a partir das relações de sobreclassificação forte e fraca.

### 3.4.2.2.1 PROCEDIMENTO GERAL DO MÉTODO ELECTRE II

Numa 1ª etapa começa-se então por construir uma matriz/tabela de qualificações/classificações do tipo da já anteriormente apresentada na figura 199.

Em seguida constroi-se uma **matriz de concordâncias**, do tipo genérico da figura 200 a seguir

| MATRIZ DE CONCORDÂNCIAS |               |               |               |              |               |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| ALTERNATIVAS            | Alt1          | Alt2          | Alt3          | Alt...       | Altn          |
| Alt 1                   | -             | $C_{12}$      | $C_{13}$      | $C_{1\dots}$ | $C_{1n}$      |
| Alt 2                   | $C_{21}$      | -             | $C_{23}$      | $C_{2\dots}$ | $C_{2n}$      |
| Alt 3                   | $C_{31}$      | $C_{32}$      | -             | $C_{3\dots}$ | $C_{3n}$      |
| Alt 4                   | $C_{41}$      | $C_{42}$      | $C_{43}$      | $C_{4\dots}$ | $C_{4n}$      |
| ....                    | $C_{\dots 1}$ | $C_{\dots 2}$ | $C_{\dots 3}$ | $C_{\dots}$  | $C_{\dots n}$ |
| Alt n                   | $C_{n1}$      | $C_{n2}$      | $C_{n3}$      | $C_{n\dots}$ | -             |

Figura 200 – Matriz de concordâncias entre as alternativas (Fonte: o pesquisador, 2018)

Depois constroi-se uma **matriz de discordâncias**, do tipo genérico da figura 201 a seguir

| MATRIZ DE DISCORDÂNCIAS |                   |                   |                   |                     |                   |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| ALTERNATIVAS            | Alt1              | Alt2              | Alt3              | Alt...              | Altn              |
| Alt 1                   | -                 | d <sub>12</sub>   | d <sub>13</sub>   | d <sub>1.....</sub> | d <sub>1n</sub>   |
| Alt 2                   | d <sub>21</sub>   | -                 | d <sub>23</sub>   | d <sub>2.....</sub> | d <sub>2n</sub>   |
| Alt 3                   | d <sub>31</sub>   | d <sub>32</sub>   | -                 | d <sub>3.....</sub> | d <sub>3n</sub>   |
| Alt 4                   | d <sub>41</sub>   | d <sub>42</sub>   | d <sub>43</sub>   | d <sub>4.....</sub> | d <sub>4n</sub>   |
| Alt...                  | d <sub>...1</sub> | d <sub>...2</sub> | d <sub>...3</sub> | d <sub>....</sub>   | d <sub>...n</sub> |
| Alt n                   | d <sub>n1</sub>   | d <sub>n2</sub>   | d <sub>n3</sub>   | d <sub>n.....</sub> | -                 |

Figura 201 – Matriz de discordâncias entre as alternativas- método ELECTRE II  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

Com as **matrizes de concordâncias e discordâncias** construídas pode-se então calcular os limiares de comparações, ou seja, o **limiar de preferência** e o **limiar de indiferença**, através das expressões indicadas a seguir.

$$p^- = (\sum_i \sum_j C_{i,j}) / (n * (n-1)) \text{ e } q^- = (\sum_i \sum_j d_{i,j}) / (n * (n-1))$$

Com a determinação dos limiares de comparação (limiar de preferência e limiar de indiferença) calculados, passa-se então para uma 2ª etapa onde se vai realizar a **prova de dominância**, com base nas expressões:  $Ch,k \geq p^-$  e  $dh,k \leq q^-$ , e utilizando ao mesmo tempo a relação  $a_{h,j} * S_j * a_k$ .

Com essa **prova de dominância** forma-se uma **matriz de dominâncias**, com o aspecto genérico da figura 202 a seguir, onde se mostra o perfil de preferências entre as alternativas, e com base na qual se podem hierarquizar as mesmas.

| MATRIZ DE DOMINÂNCIAS |                       |                        |           |            |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------|------------|
| ALTERNATIVAS          | DOMINÂNCIAS POR LINHA | DOMINÂNCIAS POR COLUNA | DIFERENÇA | HIERARQUIA |
| Alt 1                 | -                     | -                      | -         | -          |
| Alt 2                 | -                     | -                      | -         | -          |
| Alt 3                 | -                     | -                      | -         | -          |
| Alt 4                 | -                     | -                      | -         | -          |
| Alt...                | -                     | -                      | -         | -          |
| Alt n                 | -                     | -                      | -         | -          |

Figura 202 – Matriz de dominâncias entre alternativas – método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

Definir-se-ão a seguir mais detalhadamente os passos e alguns procedimentos e cálculos do ELECTRE II através da apresentação/resolução de um exemplo prático hipotético do método.

### 3.4.2.2.2 EXEMPLO PRÁTICO DIDÁTICO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE II

Exemplo: Suponha-se que se tem por objetivo selecionar a melhor opção de ampliação em um parque recreativo com novas instalações. Têm-se 5 alternativas para esse efeito, e tomam-se em conta 4 critérios de avaliação, que são: 1 – Ganhos ou benefício

esperado (aumento percentual de ganhos); 2 – Número de empregos (número de novos postos de trabalho); 3 – Resíduos (acréscimo percentual esperado de resíduos gerados – tem a ver com o impacto ambiental); 4 – Turismo (aumento percentual em número de visitantes, em relação ao número atual).

Os dados iniciais do problema são os que constam na tabela de qualificações/classificações apresentada a seguir no 1º passo do método.

**1º Passo: Definir a Tabela/Matriz de Qualificações/Classificações:** No fundo trata-se de **definir alternativas, critérios** para avaliação dessas alternativas segundo os mesmos, **atributos/pesos/importâncias/valores/desempenhos** de cada uma dessas alternativas segundo cada um dos critérios definidos, e os **pesos/importâncias que cada um dos critérios** definidos tem na **avaliação/escolha final da alternativa** a ser selecionada, ou na **ordenação das alternativas**.

No caso do presente hipotético exemplo poderá ter-se a tabela da figura 203 a seguir:

|                  | GANHOS | EMPREGOS | RESÍDUOS | TURISMO |
|------------------|--------|----------|----------|---------|
| ALTERNATIVAS     | C1     | C2       | C3       | C4      |
| Alt 1            | 15     | 9        | 4        | 10      |
| Alt 2            | 10     | 5        | 3        | 8       |
| Alt 3            | 22     | 12       | 9        | 14      |
| Alt 4            | 31     | 10       | 4        | 18      |
| Alt 5            | 8      | 9        | 10       | 9       |
| W(PESOS CRITÉR.) | 7      | 3        | 5        | 6       |

Figura 203 – Matriz de qualificações/classificações, exemplo didático – método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

Observações: Note-se que o **critério C1** (aumento % dos **ganhos**) é o que tem **maior peso importância na escolha/ordenação das alternativas**; para além disso, dizer que em relação ao **critério resíduos** (aumento percentual de resíduos gerados), o **objetivo** será **minimizar** os respetivos **valores**, enquanto que para os **restantes critérios** o **objetivo** será **maximizar os valores**. Portanto, em relação ao critério resíduos gerados inverte-se a direção das qualificações, ou seja, quanto menor o valôr apresentado na tabela/matriz de qualificações pelos resíduos melhor.

**2º Passo: Normalizar os pesos (W) da tabela/matriz de qualificações/classificações e determinação dos valores de “delta” (δ):**

- **Normalização dos pesos W (critérios):** Cada valor  $W_i$  será dividido pelo valor soma de todos os pesos dos critérios. Assim, exemplificando para o valor de  $W_1$  na figura 19.... anterior,  $W_1$  normalizado seria igual a  $W_{1normalizado} = 7/(7+3+5+6) = 7/21 = 1/3 = 0,3333$

Procedendo do mesmo modo para os restantes pesos ter-se-ia  $W_{2normalizado} = 3/(7+3+5+6) = 3/21 = 1/7 = 0,1429$ ;  $W_{3normalizado} = 5/(7+3+5+6) = 5/21 = 0,2381$ ;  $W_{4normalizado} = 6/(7+3+5+6) = 6/21 = 0,2857$ .

O vetor normalizado dos pesos dos critérios vem então:  $\omega = (0,3333; 0,1429; 0,2381; 0,2857)$

O “delta” ( $\delta$ ) corresponde à maior amplitude de valores, para cada um dos critérios, dos valores das alternativas, para esse critério, na matriz de qualificações/classificações. Assim, e para a matriz de qualificações do presente exemplo tem-se:  $(\delta_1) = (31-8) = 23$ ,  $(\delta_2) = (12-5) = 7$ ,  $(\delta_3) = (10-3) = 7$ ,  $(\delta_4) = (18-8) = 10$ .

**3º Passo: Cálculo dos índices de concordância, para construção da respetiva matriz de concordâncias:**

Esses índices calculam-se através da expressão genérica  $C_{h,k} = (\sum_{j: a_h \geq a_k} S_j \cdot W_j) / (\sum_j W_j)$ ; ou seja, para o cálculo do índice de concordância  $C_{h,k}$  (concordância da alternativa  $a_h$  com respeito à alternativa  $a_k$ ), e para efeitos do numerador da expressão, só vão ser somados os pesos dos critérios nos quais a alternativa  $a_h$  sobrequalifica (é “melhor”, na matriz de qualificações) a alternativa  $a_k$ . Se forem critérios a maximizar, isso traduz-se em critérios em que o valor da alternativa  $a_h$  seja maior que  $a_k$ , se forem critérios a minimizar isso significa critérios em que o valor da alternativa  $a_h$  seja inferior ao da alternativa  $a_k$ . **Muitas vezes e por simplificação despreza-se/negligencia-se o denominador da expressão, ou seja, o valor do somatório de todos os pesos dos critérios.** É o que se fará no presente exemplo prático hipotético.

Exemplificando então o cálculo do índice  $C_{2,1}$  e para o presente exemplo, tem-se:  $C_{2,1} = 0,3333$  (se  $10 \geq 15$ ) +  $0,1429$  (se  $5 \geq 9$ ) +  $0,2381$  (se  $3 \leq 4$ ) +  $0,2857$  (se  $8 \geq 10$ ) =  $0 + 0 + 0,2381 + 0 = 0,2381$

Do mesmo modo, vem que :  $C_{3,1} = 0,3333$  (se  $22 \geq 15$ ) +  $0,1429$  (se  $12 \geq 9$ ) +  $0,2381$  (se  $9 \leq 4$ ) +  $0,2857$  (se  $14 \geq 10$ ) =  $0,3333 + 0,1429 + 0,2857 + 0 = 0,7616$ ;  $C_{4,1} = 0,3333$  (se  $31 \geq 15$ ) +  $0,1429$  (se  $10 \geq 9$ ) +  $0,2381$  (se  $6 \leq 6$ ) +  $0,2857$  (se  $18 \geq 10$ ) =  $0,9997$ ;  $C_{5,1} = 0,3333$  (se  $8 \geq 15$ ) +  $0,1429$  (se  $9 \geq 9$ ) +  $0,2381$  (se  $10 \leq 4$ ) +  $0,2857$  (se  $9 \geq 10$ ) =  $0,1429$ ;  $C_{3,2} = 0,3333$  (se  $22 \geq 10$ ) +  $0,1429$  (se  $12 \geq 5$ ) +  $0,2381$  (se  $9 \leq 3$ ) +  $0,2857$  (se  $14 \geq 8$ ) =  $0,7616$ ;  $C_{4,2} = 0,3333$  (se  $31 \geq 10$ ) +  $0,1429$  (se  $10 \geq 5$ ) +  $0,2381$  (se  $4 \leq 3$ ) +  $0,2857$  (se  $18 \geq 8$ ) =  $0,7616$ ;  $C_{5,2} = 0,3333$  (se  $8 \geq 10$ ) +  $0,1429$  (se  $9 \geq 5$ ) +  $0,2381$  (se  $10 \leq 3$ ) +  $0,2857$  (se  $9 \geq 8$ ) =  $0,4286$ ;  $C_{4,3} = 0,3333$  (se  $31 \geq 22$ ) +  $0,1429$  (se  $10 \geq 12$ ) +  $0,2381$  (se  $4 \leq 9$ ) +  $0,2857$  (se  $18 \geq 14$ ) =  $0,8568$ ;  $C_{5,3} = 0,3333$  (se  $8 \geq 22$ ) +  $0,1429$  (se  $9 \geq 12$ ) +  $0,2381$  (se  $10 \leq 9$ ) +  $0,2857$  (se  $9 \geq 14$ ) =  $0$ ;  $C_{5,4} = 0,3333$  (se  $8 \geq 31$ ) +  $0,1429$  (se  $9 \geq 10$ ) +  $0,2381$  (se  $10 \leq 4$ ) +  $0,2857$  (se  $9 \geq 18$ ) =  $0$ ;  $C_{1,2} = 0,3333$  (se  $15 \geq 10$ ) +  $0,1429$  (se  $9 \geq 5$ ) +  $0,2381$  (se  $4 \leq 3$ ) +  $0,2857$  (se  $10 \geq 8$ ) =  $0,7616$ ;  $C_{1,3} = 0,3333$  (se  $15 \geq 22$ ) +

0,1429 (se  $9 \geq 12$ ) + 0,2381 (se  $4 \leq 9$ ) + 0,2857 (se  $10 \geq 14$ ) = **0,2381**;  $C_{1,4}$  = 0,3333 (se  $15 \geq 31$ ) + 0,1429 (se  $9 \geq 10$ ) + 0,2381 (se  $4 \leq 4$ ) + 0,2857 (se  $10 \geq 18$ ) = **0,2381**;  $C_{1,5}$  = 0,3333 (se  $15 \geq 8$ ) + 0,1429 (se  $9 \geq 9$ ) + 0,2381 (se  $4 \leq 10$ ) + 0,2857 (se  $10 \geq 9$ ) = **0,9997**;  $C_{2,3}$  = 0,3333 (se  $10 \geq 22$ ) + 0,1429 (se  $5 \geq 12$ ) + 0,2381 (se  $3 \leq 9$ ) + 0,2857 (se  $8 \geq 14$ ) = **0,2381**;  $C_{2,4}$  = 0,3333 (se  $10 \geq 31$ ) + 0,1429 (se  $5 \geq 10$ ) + 0,2381 (se  $3 \leq 4$ ) + 0,2857 (se  $8 \geq 18$ ) = **0,2381**;  $C_{2,5}$  = 0,3333 (se  $10 \geq 8$ ) + 0,1429 (se  $5 \geq 9$ ) + 0,2381 (se  $3 \leq 10$ ) + 0,2857 (se  $8 \geq 9$ ) = **0,5711**;  $C_{3,4}$  = 0,3333 (se  $22 \geq 31$ ) + 0,1429 (se  $12 \geq 10$ ) + 0,2381 (se  $9 \leq 4$ ) + 0,2857 (se  $14 \geq 18$ ) = **0,1429**;  $C_{3,5}$  = 0,3333 (se  $22 \geq 8$ ) + 0,1429 (se  $12 \geq 9$ ) + 0,2381 (se  $9 \leq 10$ ) + 0,2857 (se  $14 \geq 9$ ) = **0,9997**;  $C_{4,5}$  = 0,3333 (se  $31 \geq 8$ ) + 0,1429 (se  $10 \geq 9$ ) + 0,2381 (se  $4 \leq 10$ ) + 0,2857 (se  $18 \geq 9$ ) = **0,9997**

Chega-se então na matriz de concordâncias da figura 204.

| MATRIZ DE CONCORDÂNCIAS |        |        |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                         | Alt1   | Alt2   | Alt3   | Alt4   | Alt5   |
| Alt 1                   | -      | 0,7616 | 0,2381 | 0,2381 | 1      |
| Alt 2                   | 0,2381 | -      | 0,2381 | 0,2381 | 0,5711 |
| Alt 3                   | 0,7616 | 0,7616 | -      | 0,1429 | 1      |
| Alt 4                   | 1      | 0,7616 | 0,8568 | -      | 1      |
| Alt 5                   | 0,1429 | 0,4286 | 0      | 0      | -      |

Figura 204 – Matriz de concordâncias entre alternativas, exemplo didático – método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

**4º Passo: Cálculo dos índices de discordância, para construção da respectiva matriz de discordâncias:**

Qualquer elemento/índice da matriz de discordâncias só pode ser, ou igual a 0 (zero), caso se esteja tentando calcular o elemento genérico  $d_{h,k}$  dessa matriz e para todos os critérios  $j$ ,  $(a_{h,j}) \geq (a_{k,j})$ , na matriz inicial de qualificações das alternativas segundo os critérios, ou então esse  $d_{h,k}$  calcula-se recorrendo à expressão:

$$d_{h,k} = (\text{máx posit } (a_k - a_h)_{\text{entre todos critérios } j}) / (\text{qualific.maior} - \text{qualific.menor})_{\text{calculada para } \forall \text{ dos critérios } j}$$

ou, o que é equivalente:

$$d_{h,k} = \begin{cases} \emptyset, & \text{se } (a_{h,j}) \geq (a_{k,j}) \text{ para todo } j \\ \text{máx}_{j: a_{h,j} < a_{k,j}} [(a_{k,j}) - (a_{h,j})] / \delta, & \text{sendo } \delta \text{ o intervalo das qualificações no critério } j \end{cases}$$

**Nota: em critérios a minimizar calcula-se o valor simétrico da expressão**

Então, calculando-se  $d_{1,2}$  para o presente exemplo tem-se (veja-se que calculando,

para cada uma das quatro colunas, a diferença entre o elemento da linha 2 da matriz de qualificações e o correspondente elemento da linha 1, só para a 3ª coluna é que o resultado de aplicar a expressão indicada – não esquecer que o terceiro critério é um critério a minimizar – resulta positivo):

$$d_{1,2} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{2,j} - \text{Cal } A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((10;5;\underline{3};8) - (15;9;\underline{4};10)) / (23;7;7;10) \}$$

**Nota:** a negrito e sublinhado, valores do 3º critério, a minimizar (**simétrico dessa diferença**)

- (10;5;3;8) é o vetor dos elementos da linha 2 da matriz de qualificações
- (15;9;4;10) é o vetor dos elementos da linha 1 da matriz de qualificações
- (23;7;7;10) é o vetor  $\delta$  das colunas da matriz de qualificações

$$\text{Então, } \mathbf{d_{1,2}} = \text{Máx posit } (-5/23; -4/7; 1/7; -2/10) = 1/7 = \mathbf{0,1429}$$

De modo semelhante, vem:  $\mathbf{d_{1,3}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{3,j} - \text{Cal } A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;12;\underline{9};14) - (15;9;\underline{4};10)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (7/23; 3/7; -5/7; 4/10) = \mathbf{0,4286}$ ;  $\mathbf{d_{1,4}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{4,j} - \text{Cal } A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((31;10;\underline{4};18) - (15;9;\underline{4};10)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (16/23; 1/7; 0; 8/10) = \mathbf{0,8}$ ;  $\mathbf{d_{1,5}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{5,j} - \text{Cal } A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((8;9;\underline{10};9) - (15;9;\underline{4};10)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-7/23; 0; -6/7; -1/10) = \mathbf{0}$ ;  $\mathbf{d_{2,3}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{3,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;12;\underline{9};14) - (10;5;\underline{3};8)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (12/23; 7/7; -6/7; 6/10) = \mathbf{1}$ ;  $\mathbf{d_{2,4}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{4,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((31;10;\underline{4};18) - (10;5;\underline{3};8)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (21/23; 5/7; -1/7; 10/10) = \mathbf{1}$ ;  $\mathbf{d_{2,5}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{5,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((8;9;\underline{10};9) - (10;5;\underline{3};8)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-2/23; 4/7; -7/7; 1/10) = \mathbf{0,5714}$ ;  $\mathbf{d_{3,4}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{4,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((31;10;\underline{4};18) - (22;12;\underline{9};14)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (9/23; -2/7; 5/7; 4/10) = \mathbf{0,7143}$ ;  $\mathbf{d_{3,5}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{5,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((8;9;\underline{10};9) - (22;12;\underline{9};14)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-14/23; -3/7; -1/7; -5/10) = \mathbf{0}$ ;  $\mathbf{d_{4,5}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{5,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((8;9;\underline{10};9) - (31;10;\underline{4};18)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-23/23; -1/7; -6/7; -9/10) = \mathbf{0}$ ;  $\mathbf{d_{2,1}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{1,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((15;9;\underline{4};10) - (10;5;\underline{3};8)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (5/23; 4/7; -1/7; 2/10) = \mathbf{0,5714}$ ;  $\mathbf{d_{3,1}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{1,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((15;9;\underline{4};10) - (22;12;\underline{9};14)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-7/23; -3/7; 5/7; -4/10) = 1/7 = \mathbf{0,7143}$ ;  $\mathbf{d_{4,1}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{1,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((15;9;\underline{4};10) - (31;10;\underline{4};18)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-16/23; -1/7; 0/7; -8/10) = \mathbf{0}$ ;  $\mathbf{d_{5,1}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{1,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((15;9;\underline{4};10) - (8;9;\underline{10};9)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (7/23; 0/7; 6/7; 1/10) = \mathbf{0,8571}$ ;  $\mathbf{d_{3,2}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{2,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((10;5;\underline{7};8) - (22;12;\underline{1};14)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-12/23; -7/7; 6/7; -6/10) = \mathbf{0,8571}$ ;  $\mathbf{d_{4,2}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{2,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{$

$((10;5;\underline{3};8) - (31;10;\underline{4};18)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-21/23; -5/7; 1/7; -10/10) = \mathbf{0,1429}$ ;  $d_{5,2} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{2,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((10;5;\underline{3};8) - (8;9;\underline{10};9)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (2/23; -4/7; 7/7; -1/10) = \mathbf{1}$ ;  $d_{4,3} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{3,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;12;\underline{9};14) - (31;10;\underline{4};18)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (-9/23; 2/7; -5/7; -4/10) = \mathbf{0,2857}$ ;  $d_{5,3} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{3,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;12;\underline{9};14) - (8;9;\underline{10};9)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (14/23; 3/7; 1/7; 5/10) = \mathbf{0,6087}$ ;  $d_{5,4} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{4,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((31;10;\underline{4};18) - (8;9;\underline{10};9)) / (23;7;7;10) \} = \text{Máx posit } (23/23; 1/7; 6/7; 9/10) = \mathbf{1}$ .

Chega-se então na matriz de discordâncias da figura 205.

| MATRIZ DE DISCORDÂNCIAS |        |        |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                         | Alt1   | Alt2   | Alt3   | Alt4   | Alt5   |
| Alt 1                   | -      | 0,1429 | 0,4286 | 0,8    | 0      |
| Alt 2                   | 0,5714 | -      | 1      | 1      | 0,5714 |
| Alt 3                   | 0,7143 | 0,8571 | -      | 0,7143 | 0      |
| Alt 4                   | 0      | 0,1429 | 0,2857 | -      | 0      |
| Alt 5                   | 0,8571 | 1      | 0,6087 | 1      | -      |

Figura 205 – Matriz de discordâncias entre as alternativas, exemplo didático – método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

**5º Passo: Cálculo do limiar de preferência  $\bar{p}$  e do limiar de indiferença  $\bar{q}$  a partir respectivamente da matriz de concordâncias e da matriz de discordâncias:**

O valor do limiar de preferência,  $\bar{p}$ , não é mais do que a média de todos os elementos da matriz de concordância. Se, calculada essa média, o seu valor der um resultado que não corresponde a nenhum elemento da matriz de concordância, toma-se para  $\bar{p}$  o valor imediatamente acima ao calculado, dentre os elementos dessa matriz.

Então, e no presente exemplo fica: a soma dos vinte elementos da matriz de concordâncias é igual a 10,3792, donde a sua média é de 0,519. Esse valor não confere com nenhum dos elementos da matriz de concordâncias, e o elemento dessa matriz imediatamente acima é 0,5711; é esse o valor que se toma então para limiar de preferência  $\bar{p}$ .

De modo semelhante, o valor do limiar de indiferença,  $\bar{q}$ , é a média dos valores da matriz de discordâncias. Se esse valor não corresponder a nenhum dos elementos da matriz de discordâncias, toma-se para  $\bar{q}$  o valor dessa matriz que for imediatamente abaixo.

Então, e no presente exemplo fica: a soma dos vinte elementos da matriz de discordâncias é igual a 10,6944, donde a sua média é de 0,5347. Esse valor não corresponde a nenhum dos elementos da matriz de discordâncias, e o elemento dessa matriz imediatamente abaixo é 0,4286; é esse o valor que se toma então para limiar de indiferença  $\bar{q}$ .



**6º Passo: Construção da matriz de dominâncias:**

Para se construir essa matriz tem que se utilizar simultaneamente os elementos das matrizes de concordâncias e discordâncias e dos limiares de preferência e indiferença.

A primeira coluna da matriz de dominâncias é constituída pelas dominâncias por linhas/filas (F). Diz-se que a alternativa  $A_n$  domina, por linhas/filas a alternativa  $A_k$  se e só se (ambas as condições têm que se verificar):  $C_{h,k} \geq \bar{p}$  e  $d_{h,k} \leq \bar{q}$ .

Desse modo, e para o presente exemplo, se se começar por observar simultaneamente as linhas 1 das matrizes de concordâncias e discordâncias verifica-se que, e para essa linha, a alternativa  $A_1$  domina por linha(s) as alternativas  $A_2$  e  $A_5$ , pois que, quanto ao 1º caso (dominância de  $A_1$  sobre  $A_2$ ),  $0,7619 (C_{1,2}) \geq \bar{p}$  e  $0,1429 (d_{1,2}) \leq \bar{q}$ , e quanto ao segundo caso (dominância de  $A_1$  sobre  $A_5$ ),  $1 \geq p$  e  $\emptyset \leq q$ .

Desenvolvendo o mesmo raciocínio e observando em simultâneo as linhas 2 das matrizes de concordâncias e discordâncias verifica-se não existem dominâncias por linhas/filas nessa linha.

Fazendo o mesmo e observando agora simultaneamente as linhas 3 das matrizes de concordâncias e discordâncias do presente exemplo conclui-se que nessa linha  $A_3$  domina por linhas-filas a alternativa  $A_5$ , pois  $1 \geq p$  e  $\emptyset \leq \bar{q}$ .

Já para a linha 4, e observando-se simultaneamente as matrizes de concordâncias e discordâncias conclui-se que  $A_4$  domina todas as outras alternativas pois quanto à dominância de  $A_4$  sobre  $A_1$  tem-se que  $1 \geq \bar{p}$  e  $\emptyset \leq \bar{q}$ , quanto à dominância de  $A_4$  sobre  $A_2$  tem-se que  $0,7616 \geq \bar{p}$  e  $0,1429 \leq \bar{q}$ , quanto à dominância de  $A_4$  sobre  $A_3$  tem-se que  $0,8568 \geq \bar{p}$  e  $0,2857 \leq \bar{q}$ , e finalmente quanto à dominância de  $A_4$  sobre  $A_5$  tem-se que  $1 \geq p$  e  $\emptyset \leq q$ .

Por último, e estabelecendo o mesmo raciocínio para a linha 5, observando essas mesmas linhas 5 das matrizes de concordâncias e discordâncias conclui-se que para a linha 5 não existem dominâncias por linhas/filas.

Chega-se assim à 1ª coluna da matriz de dominâncias que é a da figura 206.

|       | DOMINÂNCIA POR LINHAS/FILAS (F) |
|-------|---------------------------------|
| Alt 1 | Alt 2, Alt5                     |
| Alt 2 | 0                               |
| Alt 3 | Alt5                            |
| Alt 4 | Alt1, Alt 2, Alt3, Alt5         |
| Alt5  | 0                               |

Figura 206 – Dominâncias por linhas, exemplo didático – método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

A segunda coluna da matriz de dominâncias é constituída pelas dominâncias por colunas (C). A condição é a mesma, só que nesse caso a análise é feita por colunas, ou seja, a alternativa  $A_h$  domina a alternativa  $A_k$  se e só se (ambas as condições têm que se verificar em simultâneo)  $C_{h,k} \geq \bar{p}$  e  $d_{h,k} \leq \bar{q}$ .

Começando por observar em simultâneo, e para o presente exemplo, as primeiras colunas das matrizes de concordâncias e discordâncias, verifica-se que em termos de dominâncias por coluna a alternativa  $A_1$  (1ª coluna) só domina a alternativa  $A_4$ , pois cumprem-se nesse caso e ao mesmo tempo as condições seguintes:  $1 \geq \bar{p}$  e  $\emptyset \leq \bar{q}$ .

Fazendo o mesmo mas agora observando em simultâneo as segundas colunas das matrizes de concordâncias, conclui-se que em termos de dominância por colunas a alternativa  $A_2$  (2ª coluna) domina a alternativa  $A_1$ , posto que  $0,7616 \geq \bar{p}$  e  $0,1429 \leq \bar{q}$ , e domina também a alternativa  $A_4$  visto que  $0,7616 \geq \bar{p}$  e  $0,1429 \leq \bar{q}$  (observar os elementos das matrizes de concordâncias e discordâncias).

Para a 3ª coluna verifica-se a alternativa  $A_3$  (3ª coluna) domina apenas a alternativa  $A_4$  já que somente para os elementos  $C_{4,3}$  e  $d_{4,3}$  se verificam as respetivamente as condições de que  $0,8568 \geq \bar{p}$  e  $0,2857 \leq \bar{q}$ .

No que respeita à 4ª coluna, e observando ao mesmo tempo as matrizes de concordância e discordância, conclui-se que  $A_4$  não domina em termos de colunas nenhuma das outras alternativas.

Finalmente, e através das quintas colunas das matrizes de concordância e discordância conclui-se que  $A_5$  (5ª coluna) domina em termos de colunas a alternativa  $A_1$ , posto que  $1 \geq \bar{p}$  e  $\emptyset \leq \bar{q}$ , domina a alternativa  $A_3$ , visto que  $1 \geq \bar{p}$  e  $\emptyset \leq \bar{q}$  e domina a alternativa  $A_4$ , já que  $1 \geq \bar{p}$  e  $\emptyset \leq \bar{q}$ .

Chega-se assim à 2ª coluna da matriz de dominâncias, correspondente às dominâncias por colunas, e que é a da figura 207.

|       | DOMINÂNCIA POR COLUNAS (C) |
|-------|----------------------------|
| Alt 1 | Alt4                       |
| Alt 2 | Alt1, Alt4                 |
| Alt 3 | Alt4                       |
| Alt 4 | 0                          |
| Alt5  | Alt1, Alt3, Alt4           |

Figura 207 – Dominâncias por colunas, exemplo didático – método ELECTRE II

(Fonte: o pesquisador, 2018)

A terceira coluna da matriz de dominâncias (F – C) constroi-se a partir das primeiras duas, anteriormente calculadas, procedendo-se do seguinte modo: cada elemento de cada uma das linhas dessa 3ª coluna resulta de calcular o número de dominâncias por linhas/filas

na respetiva linha, menos o número de dominâncias por colunas na mesma linha. Assim, e para o presente exemplo resultaria a figura 208.

|       | DOMINÂNCIA POR LINHAS/FILAS (F) | DOMINÂNCIA POR COLUNAS (C) | DIFERENÇA (F - C) |
|-------|---------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Alt 1 | Alt 2, Alt5                     | Alt4                       | 1                 |
| Alt 2 | 0                               | Alt1, Alt4                 | -2                |
| Alt 3 | Alt5                            | Alt4                       | 0                 |
| Alt 4 | Alt1, Alt 2, Alt3, Alt5         | 0                          | 4                 |
| Alt5  | 0                               | Alt1, Alt3, Alt4           | -3                |

Figura 208 – Matriz de diferenças entre dominâncias por linhas e por colunas, exemplo didático – método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

### 7º Passo: Hierarquização das alternativas

Construídas as 3 primeiras colunas da matriz de dominâncias, a hierarquização das alternativas resulta diretamente e as ordenar segundo o seguinte critério: em primeiro lugar (melhor alternativa) ficará aquela que apresentar o valor mais alto para a diferença (F – C), que no caso do presente exemplo será a alternativa A<sub>4</sub> (4), em segundo lugar ficará aquela que apresentar o 2º valor mais alto para essa diferença, que no caso será a alternativa A<sub>1</sub> (1), e assim sucessivamente até se chegar na pior alternativa.

Para o caso do presente exemplo resultaria então a ordenação que consta na figura 209, a seguir.

|       | DOMINÂNCIA POR LINHAS/FILAS (F) | DOMINÂNCIA POR COLUNAS (C) | DIFERENÇA (F - C) | HIERARQUIA |
|-------|---------------------------------|----------------------------|-------------------|------------|
| Alt 1 | Alt 2, Alt5                     | Alt4                       | 1                 | 2ª         |
| Alt 2 | 0                               | Alt1, Alt4                 | -2                | 4ª         |
| Alt 3 | Alt5                            | Alt4                       | 0                 | 3ª         |
| Alt 4 | Alt1, Alt 2, Alt3, Alt5         | 0                          | 4                 | 1ª         |
| Alt5  | 0                               | Alt1, Alt3, Alt4           | -3                | 5ª         |

Figura 209 – Matriz de hierarquização das alternativas, exemplo didático – método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Observação importante:** o exemplo poderia ter sido resolvido de **forma simplificada sem normalizar o vetor de pesos dos critérios (W) e sem usar o  $\delta$  (delta) nas fórmulas**. Mas isso só **deverá/poderá/será recomendável** fazer-se quando as **qualificações/classificações entre os critérios não tiverem um amplo espectro de variação** (situação em que se afirma que essas qualificações/classificações estão “normalizadas”). Esse tipo de procedimento **pode influenciar os resultados finais para o problema**. Assim, e para o presente exemplo, se ele fosse resolvido dessa forma simplificado a hierarquia entre as alternativas viria modificada, ficando como se apresenta na figura 210.

|       | DOMINÂNCIA POR LINHAS/FILAS (F) | DOMINÂNCIA POR COLUNAS (C) | DIFERENÇA (F - C) | HIERARQUIA |
|-------|---------------------------------|----------------------------|-------------------|------------|
| Alt 1 | Alt 2, Alt5                     | Alt3, Alt4                 | 0                 | 3º         |
| Alt 2 | Alt5                            | Alt1, Alt3, Alt4           | -2                | 4º         |
| Alt 3 | Alt1, Alt 2, Alt5               | Alt4                       | 2                 | 2º         |
| Alt 4 | Alt1, Alt 2, Alt3, Alt5         | 0                          | 4                 | 1º         |
| Alt5  | 0                               | Alt1, Alt2 Alt3, Alt4      | -4                | 5º         |

Figura 210 – Matriz simplificada de hierarquização das alternativas, sem normalização do vetor de pesos W, exemplo didático, método ELECTRE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

### 3.4.2.2.3 ARTIGO “Utilização do método Electre II para avaliação de pilotos no campeonato de Fórmula 1”

No artigo utiliza-se mais do que um critério (ponto de vista) para estabelecer o que possa ser um “bom” piloto, de acordo com a meta estabelecida nessa seleção, o que torna o problema uma questão multicriterial.

O **objetivo do artigo** é usar um **método multicriterial** de apoio à decisão para propor uma **ordenação de pilotos** que identifique quais os mais indicados para serem **contratados por equipes pequenas/médias** de forma a garantir maior competitividade.

Segundo o exposto no artigo está implícito que o método **ELECTRE II** seja um **método não compensatório**. De acordo com o mesmo os métodos não compensatórios requerem uma informação intercritério correspondente à **importância relativa dos critérios**. Dessa forma evitam.

É feito um estudo de caso com aplicação do método ao campeonato de 2007, constituído por 17 corridas, e onde participaram 11 equipes e 22 pilotos.

O artigo refere textualmente “...o uso do método ELECTRE II justifica-se por ele ser **não compensatório**, o que exige pouco conhecimento do decisor (AD), pelo fato de ser baseado em funções hierárquicas que **possibilitam a adoção de critérios tanto qualitativos como quantitativos**, que são utilizados neste trabalho, além do método ser um clássico e de fácil aplicação.”

É ainda referido que **os métodos da família ELECTRE não obrigam a estruturação hierárquica dos critérios nem a comparação entre as alternativas**.

O **ELECTRE II** resulta num **ranking das alternativas** não-dominadas, sendo **indicado para a problemática de ordenação**.

A ideia do ELECTRE II é escolher aqueles sistemas que são preferidos pela maioria dos critérios e que **não ultrapassam um determinado nível de desconforto ou**

**descontentamento aceito pelo decisor, para nenhum dos critérios considerados.** E que para esse efeito existem duas medidas distintas: a de concordância e a da discordância.

Assim, o **ELECTRE II estabelece uma ordenação** completa sobre um conjunto de alternativas inicialmente consideradas **que satisfaça**:

**1 – O teste da concordância**, em que a medida da concordância está acima de um mínimo de aceitabilidade; e

**2 – O teste da discordância**, em que a medida da discordância está abaixo de um nível máximo tolerável de discordância.

Para poder analisar as matrizes de concordância e discordância são definidos **valores de referência p e q**, pertencentes ao intervalo de variação **entre 0 e 1**. Esses valores indicam que **a concordância** desejada **deverá ser superior a p** e que **q definirá a máxima discordância tolerável**.

Em síntese, o ELECTRE II busca ordenar um conjunto de alternativas da melhor para a pior, sendo desenvolvido para resolver problemas de ordenação. São utilizados os conceitos de concordância e discordância para ordenar o conjunto de alternativas. O método ELECTRE II aplica-se pois a problemas que envolvem ordenação de alternativas.

**Definição de critérios-** no artigo são definidos os seguintes critérios para avaliação dos pilotos:

**C1 – Desempenho:** é um critério qualitativo que busca avaliar as performances individuais de cada piloto durante as corridas, independentemente da equipe à qual o piloto pertence. A pontuação deste critério é a soma, para cada uma das corridas da temporada, dos pontos obtidos pelos pilotos, de acordo com a figura 211.

| Pontuação | Performance   |
|-----------|---|
| 0         | O piloto não participou da prova  |
| 1         | O piloto não concluiu a prova   |
| 2         | O piloto concluiu a prova em uma posição pior do que a que tinha na largada   |
| 3         | O piloto manteve a posição de largada   |
| 4         | O piloto concluiu a prova em uma posição melhor do que a que tinha na largada |

Figura 211 – Valoração da performance dos pilotos (Fonte: Chaves, M.C. de C., 2010)

**Nota:** os pilotos são as alternativas do problema. O nível de tolerância implicitamente está relacionado com o limite de indiferença.

A figura 212 a seguir apresenta o desempenho dos pilotos segundo o critério C1

(desempenho) ao longo das provas da temporada de 2007, o que resulta na pontuação total de desempenho para cada um deles que também consta na mesma.

| Piloto               | Corrida   |         |         |       |        |        |     |        |         |        |         |        |       |         |       |       | Soma |
|----------------------|-----------|---------|---------|-------|--------|--------|-----|--------|---------|--------|---------|--------|-------|---------|-------|-------|------|
|                      | Australia | Malásia | Bahrain | Spain | Mónaco | Canadá | EUA | France | British | Europe | Hungria | Turkey | Italy | Belgian | Japan | China |      |
| Adrian Sutil         | 4         | 1       | 4       | 4     | 1      | 1      | 4   | 4      | 1       | 1      | 4       | 2      | 4     | 4       | 1     | 1     | 45   |
| Alexander Wurz       | 1         | 4       | 4       | 1     | 4      | 4      | 4   | 4      | 4       | 4      | 4       | 4      | 4     | 1       | 1     | 4     | 52   |
| Anthony Davidson     | 4         | 4       | 2       | 4     | 4      | 4      | 4   | 1      | 1       | 4      | 1       | 4      | 4     | 4       | 1     | 1     | 51   |
| Chistian Albers      | 1         | 1       | 4       | 4     | 4      | 1      | 4   | 1      | 4       | 0      | 0       | 0      | 0     | 0       | 0     | 0     | 24   |
| David Coulthard      | 1         | 1       | 1       | 4     | 4      | 1      | 1   | 4      | 4       | 4      | 4       | 4      | 1     | 1       | 4     | 2     | 45   |
| Felipe Massa         | 4         | 2       | 3       | 3     | 3      | 1      | 3   | 2      | 4       | 4      | 4       | 3      | 1     | 3       | 2     | 3     | 49   |
| Fernando Alonso      | 3         | 4       | 2       | 2     | 3      | 2      | 3   | 4      | 4       | 4      | 4       | 4      | 2     | 3       | 1     | 4     | 54   |
| Giancarlo Fisichella | 4         | 4       | 2       | 4     | 4      | 1      | 4   | 2      | 4       | 4      | 4       | 4      | 4     | 1       | 4     | 4     | 55   |
| Heikki Kovalainen    | 4         | 4       | 4       | 4     | 4      | 4      | 4   | 4      | 4       | 4      | 4       | 4      | 2     | 4       | 4     | 4     | 64   |
| Jarno Trulli         | 4         | 4       | 4       | 1     | 4      | 1      | 4   | 1      | 1       | 1      | 4       | 4      | 1     | 2       | 4     | 4     | 49   |
| Jenson Button        | 4         | 4       | 1       | 4     | 4      | 1      | 4   | 4      | 4       | 1      | 1       | 4      | 4     | 1       | 2     | 4     | 48   |
| Kimi Raikkonen       | 3         | 3       | 3       | 1     | 4      | 2      | 3   | 4      | 4       | 4      | 4       | 4      | 4     | 3       | 3     | 4     | 57   |
| Lewis Hamilton       | 4         | 4       | 3       | 4     | 3      | 3      | 3   | 2      | 2       | 4      | 3       | 2      | 2     | 3       | 3     | 1     | 51   |
| Mark Webber          | 4         | 3       | 1       | 1     | 1      | 2      | 4   | 4      | 1       | 1      | 3       | 1      | 4     | 3       | 1     | 2     | 37   |
| Nick Heidfeld        | 2         | 4       | 4       | 1     | 4      | 4      | 1   | 4      | 4       | 2      | 2       | 4      | 2     | 4       | 2     | 4     | 52   |
| Nico Rosberg         | 4         | 1       | 3       | 4     | 4      | 2      | 2   | 3      | 4       | 1      | 2       | 4      | 4     | 2       | 1     | 4     | 49   |
| Ralf Schumacher      | 4         | 4       | 4       | 1     | 4      | 4      | 1   | 4      | 1       | 1      | 2       | 4      | 4     | 3       | 1     | 1     | 47   |
| Robert Kubica        | 1         | 4       | 3       | 4     | 4      | 1      | 0   | 3      | 3       | 2      | 4       | 2      | 4     | 4       | 4     | 1     | 48   |
| Rubens Barrichello   | 4         | 4       | 4       | 4     | 4      | 4      | 1   | 4      | 4       | 4      | 4       | 4      | 4     | 4       | 4     | 4     | 62   |
| Sakon Yamamoto       | 0         | 2       | 0       | 0     | 0      | 0      | 0   | 0      | 0       | 0      | 1       | 4      | 4     | 4       | 4     | 1     | 22   |
| Scott Speed          | 1         | 4       | 1       | 1     | 4      | 1      | 4   | 1      | 1       | 1      | 0       | 0      | 0     | 0       | 0     | 0     | 19   |
| Sebastian Vettel     | 0         | 2       | 0       | 0     | 0      | 0      | 2   | 0      | 0       | 0      | 4       | 4      | 4     | 1       | 1     | 4     | 21   |
| Takuma Sato          | 4         | 4       | 1       | 4     | 4      | 4      | 1   | 4      | 4       | 1      | 4       | 4      | 4     | 4       | 4     | 4     | 59   |
| Vitantonio Liuzzi    | 4         | 4       | 1       | 1     | 1      | 1      | 4   | 1      | 2       | 1      | 1       | 4      | 4     | 4       | 4     | 4     | 45   |

Figura 212 – Valoração do critério C1 - Desempenho (Fonte: Chaves, M.C. de C., 2010)

**C2 – Pontuação do piloto no campeonato:** é um critério quantitativo que utiliza os pontos conquistados pelos pilotos na temporada em análise, conforme as regras oficiais de pontuação utilizadas no campeonato, apresentadas na figura 213.

| Classificação | 1ª | 2ª | 3ª | 4ª | 5ª | 6ª | 7ª | 8ª |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Pontuação     | 10 | 08 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 |

Figura 213 – Pontuação da Fórmula 1 a partir de 2003 (Fonte: Chaves, M.C. de C., 2010)

**C3 – Pontuação da equipe no campeonato:** de modo semelhante ao critério C2, utiliza os pontos obtidos no campeonato pela equipe à qual o piloto pertence. Com este critério busca-se compensar pilotos que pertenciam a equipes pequenas e médias, não possuindo pois as mesmas condições de competitividade que os pilotos das equipes mais fortes (isso significa que ao contrário dos critérios até aqui, C3 será um critério a minimizar). É também um critério quantitativo.

**C4 – Experiência:** é um critério qualitativo, que foi medido pelo ponto central da experiência do piloto. É a distância corrida pelo piloto no número total de provas que participou na fórmula 1, até o final da temporada de 2007, à média do nº de provas de todos os pilotos que participaram no campeonato de 2007.

**Importante:** os critérios C1 (desempenho), C2 (pontuação do piloto no campeonato), e C4 (experiência) são **critérios de maximização**. Neste último caso o objetivo é favorecer os pilotos com mínima ou máxima experiência, porque são os pilotos mais “interessantes” para as pequenas e médias equipes, já que será onde se encontram, ou os jovens talentos ainda por valorizar ou, por outro lado, os pilotos bem experientes e baratos. O critério C3 é de **minimização** (pontuação da equipe no campeonato), pois tem o objetivo de valorizar as equipes menores.

A figura 214 apresenta as pontuações das várias alternativas (que são os pilotos), segundo o conjunto dos quatro critérios definidos (ou seja, a matriz de qualificações /classificações).

| Alternativas         | Critérios       |                    |                    |                                |
|----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
|                      | Desempenho (C1) | Pontos piloto (C2) | Pontos equipe (C3) | Experiência ponto central (C4) |
| Adrian Sutil         | 45              | 1                  | 1                  | 72                             |
| Alexander Wurz       | 52              | 13                 | 33                 | 20                             |
| Anthony Davidson     | 51              | 0                  | 4                  | 69                             |
| Christijan Albers    | 24              | 0                  | 1                  | 44                             |
| David Coulthard      | 45              | 14                 | 24                 | 140                            |
| Felipe Massa         | 49              | 94                 | 204                | 1                              |
| Fernando Alonso      | 54              | 109                | 218                | 16                             |
| Giancarlo Fisichella | 55              | 21                 | 51                 | 106                            |
| Heikki Kovalainen    | 64              | 30                 | 51                 | 72                             |
| Jarno Trulli         | 49              | 8                  | 13                 | 95                             |
| Jenson Button        | 48              | 6                  | 6                  | 47                             |
| Kimi Raikkonen       | 57              | 110                | 204                | 33                             |
| Lewis Hamilton       | 51              | 109                | 218                | 72                             |
| Mark Webber          | 37              | 10                 | 24                 | 15                             |
| Nick Heidfeld        | 52              | 61                 | 101                | 44                             |
| Nick Rosberg         | 49              | 20                 | 33                 | 54                             |
| Ralf Schumacher      | 47              | 5                  | 13                 | 91                             |
| Robert Kubica        | 48              | 39                 | 101                | 67                             |
| Rubens Barrichello   | 62              | 0                  | 6                  | 164                            |
| Sakon Yamamoto       | 22              | 0                  | 1                  | 75                             |
| Scott Speed          | 19              | 0                  | 8                  | 61                             |
| Sebastian Vettel     | 21              | 5                  | 8                  | 81                             |
| Takuma Sato          | 59              | 4                  | 4                  | 2                              |
| Vitantonio Liuzzi    | 45              | 3                  | 8                  | 50                             |

Figura 214 – Valoração das alternativas por critério (Fonte: Chaves, M.C. de C., 2010)

**Peso dos critérios-** os pesos adotados para os critérios selecionados neste artigo foram estabelecidos pelos decisores que desempenham a função de chefe de equipe, por valoração direta, sendo posteriormente normalizados. São os pesos que se apresentam na figura 215.

| Critério | Descrição          | Peso atribuído | Peso normalizado |
|----------|--------------------|----------------|------------------|
| C1       | Desempenho         | 30             | 0,3              |
| C2       | Pontos dos pilotos | 20             | 0,2              |
| C3       | Pontos das equipes | 20             | 0,2              |
| C4       | Experiência        | 30             | 0,3              |

Figura 215 – Peso dos critérios (Fonte: Chaves, M.C. de C., 2010)

Nesta altura estão basicamente realizados os primeiros dois passos do método, de acordo com a figura 216, apresentada à frente.

- ✓ **1º Passo: Definir a Tabela/Matriz de Qualificações/Classificações**
- ✓ **2º Passo: Normalizar os pesos (W) da tabela/matriz de qualificações/classificações e determinação dos valores de “delta” ( $\delta$ )**

| ALTERNATIVAS                     | CRITÉRIOS      |                   |                   |                             |
|----------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|
|                                  | DESEMPENHO(C1) | PONTOS PILOTO(C2) | PONTOS EQUIPE(C3) | EXPERIÊNCIA PTO CENTRAL(C4) |
| Adrian Sutil                     | 45             | 1                 | 1                 | 72                          |
| Alexander Wurz                   | 52             | 13                | 33                | 20                          |
| Anthony Davidson                 | 51             | 0                 | 4                 | 69                          |
| Christian Albers                 | 24             | 0                 | 1                 | 44                          |
| David Coulthard                  | 45             | 14                | 24                | 140                         |
| Felipe Massa                     | 49             | 94                | 204               | 1                           |
| Fernando Alonso                  | 54             | 109               | 218               | 16                          |
| Giancarlo Fisichella             | 55             | 21                | 51                | 106                         |
| Heikki Kovalainen                | 64             | 30                | 51                | 72                          |
| Jarno Trulli                     | 49             | 8                 | 13                | 95                          |
| Jenson Button                    | 48             | 6                 | 6                 | 47                          |
| Kimi Raikkonen                   | 57             | 110               | 204               | 33                          |
| Lewis Hamilton                   | 51             | 109               | 218               | 72                          |
| Mark Weber                       | 37             | 10                | 24                | 15                          |
| Nick Heidfeld                    | 52             | 61                | 101               | 44                          |
| Nico Rosberg                     | 49             | 20                | 33                | 54                          |
| Ralph Schumacher                 | 47             | 5                 | 13                | 91                          |
| Robert Kubica                    | 48             | 39                | 101               | 67                          |
| Rubens Barrichello               | 62             | 0                 | 6                 | 164                         |
| Sakon Yamamoto                   | 22             | 0                 | 1                 | 75                          |
| Scott Speed                      | 19             | 0                 | 8                 | 61                          |
| Sebastian Vettel                 | 21             | 5                 | 8                 | 81                          |
| Takuma Sato                      | 59             | 4                 | 4                 | 2                           |
| Vitantonio Liuzzi                | 45             | 3                 | 8                 | 50                          |
| Pesos Normalizados dos Critérios | 0,3            | 0,2               | 0,2               | 0,3                         |
| ( $\delta$ ) Delta               | 45             | 110               | 217               | 163                         |

Figura 216 – Valoração das alternativas por critério (Fonte: o pesquisador, adaptado de Chaves, M.C. de C., 2010)

Está-se pois em condições de passar para o **3º passo do método, que é o do cálculo dos índices de concordância**, o que no entanto não é apresentado no artigo. De todo o modo o pesquisador fê-lo de acordo com o estipulado pelo método. Apresentam-se aqui a título de exemplo os cálculos para alguns desses índices.



Para o cálculo desses índices de concordância usa-se então a expressão genérica  $C_{h,k} = (\sum_j a_h * S_j * a_k W_j) / (\sum_j W_j)$  ; ou seja, para o cálculo do índice de concordância  $C_{h,k}$  (concordância da alternativa  $a_h$  com respeito à alternativa  $a_k$ ), e para efeitos do numerador da expressão, só vão ser somados os pesos dos critérios nos quais a alternativa  $a_h$  sobrequalifica (é “melhor”, na matriz de qualificações) a alternativa  $a_k$ . Se forem critérios a maximizar, isso traduz-se em critérios em que o valor da alternativa  $a_h$  seja maior que  $a_k$ , se forem critérios a minimizar isso significa critérios em que o valor da alternativa  $a_h$  seja inferior ao da alternativa  $a_k$ . Neste caso nem se torna necessário proceder à simplificação de desprezar o denominador da expressão visto que ele é igual à unidade (somatório dos pesos normalizados dos critérios = 1). Temos então que:

$C_{2,1} = 0,3$  (se  $52 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $13 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $20 \geq 72$ ) =  $0,3 + 0,2 + 0 + 0 = 0,5$ ;  $C_{3,1} = 0,3$  (se  $51 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $69 \geq 72$ ) =  $0,3$ ;  $C_{4,1} = 0,3$  (se  $24 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 72$ ) =  $0,2$ ;  $C_{5,1} = 0,3$  (se  $45 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $14 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $140 \geq 72$ ) =  $0,8$ ;  $C_{6,1} = 0,3$  (se  $49 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $94 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $1 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{7,1} = 0,3$  (se  $54 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $16 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{8,1} = 0,3$  (se  $55 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $21 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $106 \geq 72$ ) =  $0,8$ ;  $C_{9,1} = 0,3$  (se  $64 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 72$ ) =  $0,8$ ;  $C_{10,1} = 0,3$  (se  $49 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $95 \geq 72$ ) =  $0,8$ ;  $C_{11,1} = 0,3$  (se  $48 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $47 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{12,1} = 0,3$  (se  $57 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $33 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{13,1} = 0,3$  (se  $51 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 72$ ) =  $0,8$ ;  $C_{14,1} = 0,3$  (se  $37 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $15 \geq 72$ ) =  $0,2$ ;  $C_{15,1} = 0,3$  (se  $52 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{16,1} = 0,3$  (se  $49 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $54 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{17,1} = 0,3$  (se  $47 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $91 \geq 72$ ) =  $0,8$ ;  $C_{18,1} = 0,3$  (se  $48 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $67 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{19,1} = 0,3$  (se  $62 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $164 \geq 72$ ) =  $0,6$ ;  $C_{20,1} = 0,3$  (se  $22 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $75 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{21,1} = 0,3$  (se  $19 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $61 \geq 72$ ) =  $0$ ;  $C_{22,1} = 0,3$  (se  $21 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $81 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{23,1} = 0,3$  (se  $59 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $2 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{24,1} = 0,3$  (se  $45 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 1$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $50 \geq 72$ ) =  $0,5$ ;  $C_{3,2} = 0,3$  (se  $51 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $69 \geq 20$ ) =  $0,5$ ;  $C_{4,2} = 0,3$  (se  $24 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 20$ ) =  $0,5$ ;  $C_{5,2} = 0,3$  (se  $45 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $14 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $140 \geq 20$ ) =  $0,7$ ;  $C_{6,2} = 0,3$  (se  $49 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $94 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $1 \geq 20$ ) =  $0,2$ ;  $C_{7,2} = 0,3$  (se  $54 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $16 \geq 20$ ) =  $0,5$ ;  $C_{8,2} = 0,3$  (se  $55 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $21 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $106 \geq 20$ ) =  $0,8$ ;  $C_{9,2} = 0,3$  (se  $64 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 20$ ) =  $0,8$ ;  $C_{10,2} = 0,3$  (se  $49 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 33$ ) +  $0,3$

(se  $95 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{11,2} = 0,3$  (se  $48 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $47 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{12,2} = 0,3$  (se  $57 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $33 \geq 20$ ) = **0,8**;  $C_{13,2} = 0,3$  (se  $51 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{14,2} = 0,3$  (se  $37 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $15 \geq 20$ ) = **0,2**;  $C_{15,2} = 0,3$  (se  $52 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 20$ ) = **0,8**;  $C_{16,2} = 0,3$  (se  $49 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $54 \geq 20$ ) = **0,7**;  $C_{17,2} = 0,3$  (se  $47 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $91 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{18,2} = 0,3$  (se  $48 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $67 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{19,2} = 0,3$  (se  $62 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $164 \geq 20$ ) = **0,8**;  $C_{20,2} = 0,3$  (se  $22 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $75 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{21,2} = 0,3$  (se  $19 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $61 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{2,2} = 0,3$  (se  $21 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $81 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{23,2} = 0,3$  (se  $59 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $2 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{24,2} = 0,3$  (se  $45 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 13$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 33$ ) +  $0,3$  (se  $50 \geq 20$ ) = **0,5**;  $C_{4,3} = 0,3$  (se  $24 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 69$ ) = **0,4**;  $C_{5,3} = 0,3$  (se  $45 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $14 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $140 \geq 69$ ) = **0,5**;  $C_{6,3} = 0,3$  (se  $49 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $94 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $1 \geq 69$ ) = **0,2**;  $C_{7,3} = 0,3$  (se  $54 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $16 \geq 69$ ) = **0,5**;  $C_{8,3} = 0,3$  (se  $55 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $21 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $106 \geq 69$ ) = **0,8**;  $C_{9,3} = 0,3$  (se  $64 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $106 \geq 69$ ) = **0,8**;  $C_{10,3} = 0,3$  (se  $49 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $95 \geq 69$ ) = **0,5**;  $C_{11,3} = 0,3$  (se  $48 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $47 \geq 69$ ) = **0,2**;  $C_{12,3} = 0,3$  (se  $57 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $33 \geq 69$ ) = **0,5**;  $C_{13,3} = 0,3$  (se  $51 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 69$ ) = **0,8**;  $C_{14,3} = 0,3$  (se  $37 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $15 \geq 69$ ) = **0,2**;  $C_{15,3} = 0,3$  (se  $52 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 69$ ) = **0,5**;  $C_{16,3} = 0,3$  (se  $49 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $54 \geq 69$ ) = **0,2**;  $C_{17,3} = 0,3$  (se  $47 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $91 \geq 69$ ) = **0,5**;  $C_{18,3} = 0,3$  (se  $48 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $67 \geq 69$ ) = **0,2**;  $C_{19,3} = 0,3$  (se  $62 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $164 \geq 69$ ) = **0,8**;  $C_{20,3} = 0,3$  (se  $22 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $75 \geq 69$ ) = **0,7**;  $C_{21,3} = 0,3$  (se  $19 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $61 \geq 69$ ) = **0,2**;  $C_{22,3} = 0,3$  (se  $21 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $81 \geq 69$ ) = **0,5**;  $C_{23,3} = 0,3$  (se  $59 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $2 \geq 69$ ) = **0,7**;  $C_{24,3} = 0,3$  (se  $45 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 4$ ) +  $0,3$  (se  $50 \geq 69$ ) = **0,2**;  $C_{5,4} = 0,3$  (se  $45 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $14 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $140 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{6,4} = 0,3$  (se  $49 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $94 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $1 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{7,4} = 0,3$  (se  $54 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $16 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{8,4} = 0,3$  (se  $55 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $21 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $106 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{9,4} = 0,3$  (se  $64 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{10,4} = 0,3$  (se  $49 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $95 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{11,4} = 0,3$  (se  $48 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $47 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{12,4} = 0,3$  (se  $57 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se

$110 \geq 0) + 0,2$  (se  $204 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $33 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{13,4} = 0,3$  (se  $51 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{14,4} = 0,3$  (se  $37 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $15 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{15,4} = 0,3$  (se  $52 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{16,4} = 0,3$  (se  $49 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $54 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{17,4} = 0,3$  (se  $47 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $91 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{18,4} = 0,3$  (se  $48 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $67 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{19,4} = 0,3$  (se  $62 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $164 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{20,4} = 0,3$  (se  $22 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $75 \geq 44$ ) = **0,7**;  $C_{21,4} = 0,3$  (se  $19 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $61 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{22,4} = 0,3$  (se  $21 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $81 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{23,4} = 0,3$  (se  $59 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $2 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{24,4} = 0,3$  (se  $45 \geq 24$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 0$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 1$ ) +  $0,3$  (se  $50 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{6,5} = 0,3$  (se  $49 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $94 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $1 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{7,5} = 0,3$  (se  $54 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $16 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{8,5} = 0,3$  (se  $55 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $21 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $106 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{9,5} = 0,3$  (se  $64 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{10,5} = 0,3$  (se  $49 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $95 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{11,5} = 0,3$  (se  $48 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $47 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{12,5} = 0,3$  (se  $57 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $33 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{13,5} = 0,3$  (se  $51 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{14,5} = 0,3$  (se  $37 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $15 \geq 140$ ) = **0,2**;  $C_{15,5} = 0,3$  (se  $52 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{16,5} = 0,3$  (se  $49 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $54 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{17,5} = 0,3$  (se  $47 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $91 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{18,5} = 0,3$  (se  $48 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $67 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{19,5} = 0,3$  (se  $62 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $164 \geq 140$ ) = **0,8**;  $C_{20,5} = 0,3$  (se  $22 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $75 \geq 140$ ) = **0,2**;  $C_{21,5} = 0,3$  (se  $19 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $61 \geq 140$ ) = **0,2**;  $C_{22,5} = 0,3$  (se  $21 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $81 \geq 140$ ) = **0,2**;  $C_{23,5} = 0,3$  (se  $59 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $2 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{24,5} = 0,3$  (se  $45 \geq 45$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 14$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 24$ ) +  $0,3$  (se  $50 \geq 140$ ) = **0,5**;  $C_{7,6} = 0,3$  (se  $54 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $16 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{8,6} = 0,3$  (se  $55 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $21 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $106 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{9,6} = 0,3$  (se  $64 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{10,6} = 0,3$  (se  $49 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $95 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{11,6} = 0,3$  (se  $48 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $47 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{12,6} = 0,3$  (se  $57 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $33 \geq 1$ ) = **1,0**;  $C_{13,6} = 0,3$  (se  $51 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $72 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{14,6} = 0,3$  (se  $37 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $15 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{15,6} = 0,3$  (se  $52 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $44 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{16,6} = 0,3$  (se  $49 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 204$ ) +  $0,3$  (se  $54 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{17,6} = 0,3$  (se

$47 \geq 49) + 0,2$  (se  $5 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 204 + 0,3$  (se  $91 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{18,6} = 0,3$  (se  $48 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 204 + 0,3$  (se  $67 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{19,6} = 0,3$  (se  $62 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 204 + 0,3$  (se  $164 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{20,6} = 0,3$  (se  $22 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 204 + 0,3$  (se  $75 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{21,6} = 0,3$  (se  $19 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 204 + 0,3$  (se  $61 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{22,6} = 0,3$  (se  $21 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 204 + 0,3$  (se  $81 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{23,6} = 0,3$  (se  $59 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 204 + 0,3$  (se  $2 \geq 1$ ) = **0,8**;  $C_{24,6} = 0,3$  (se  $45 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 94$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 204 + 0,3$  (se  $50 \geq 1$ ) = **0,5**;  $C_{8,7} = 0,3$  (se  $55 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $21 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 218 + 0,3$  (se  $106 \geq 16$ ) = **0,8**;  $C_{9,7} = 0,3$  (se  $64 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 218 + 0,3$  (se  $72 \geq 16$ ) = **0,8**;  $C_{10,7} = 0,3$  (se  $49 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 218 + 0,3$  (se  $95 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{11,7} = 0,3$  (se  $48 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 218 + 0,3$  (se  $47 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{12,7} = 0,3$  (se  $57 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 218 + 0,3$  (se  $33 \geq 16$ ) = **1,0**;  $C_{13,7} = 0,3$  (se  $51 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 218 + 0,3$  (se  $72 \geq 16$ ) = **0,7**;  $C_{14,7} = 0,3$  (se  $37 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 218 + 0,3$  (se  $15 \geq 16$ ) = **0,2**;  $C_{15,7} = 0,3$  (se  $52 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 218 + 0,3$  (se  $44 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{16,7} = 0,3$  (se  $49 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 218 + 0,3$  (se  $54 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{17,7} = 0,3$  (se  $47 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 218 + 0,3$  (se  $91 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{18,7} = 0,3$  (se  $48 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 218 + 0,3$  (se  $67 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{19,7} = 0,3$  (se  $62 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 218 + 0,3$  (se  $164 \geq 16$ ) = **0,8**;  $C_{20,7} = 0,3$  (se  $22 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 218 + 0,3$  (se  $75 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{21,7} = 0,3$  (se  $19 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 218 + 0,3$  (se  $61 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{22,7} = 0,3$  (se  $21 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 218 + 0,3$  (se  $81 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{23,7} = 0,3$  (se  $59 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 218 + 0,3$  (se  $2 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{24,7} = 0,3$  (se  $45 \geq 54$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 218 + 0,3$  (se  $50 \geq 16$ ) = **0,5**;  $C_{9,8} = 0,3$  (se  $64 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $30 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $51 \leq 51 + 0,3$  (se  $72 \geq 106$ ) = **0,7**;  $C_{10,8} = 0,3$  (se  $49 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 51 + 0,3$  (se  $95 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{11,8} = 0,3$  (se  $48 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 51 + 0,3$  (se  $47 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{12,8} = 0,3$  (se  $57 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 51 + 0,3$  (se  $33 \geq 106$ ) = **0,5**;  $C_{13,8} = 0,3$  (se  $51 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 51 + 0,3$  (se  $72 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{14,8} = 0,3$  (se  $37 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 51 + 0,3$  (se  $15 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{15,8} = 0,3$  (se  $52 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 51 + 0,3$  (se  $44 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{16,8} = 0,3$  (se  $49 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 51 + 0,3$  (se  $54 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{17,8} = 0,3$  (se  $47 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 51 + 0,3$  (se  $91 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{18,8} = 0,3$  (se  $48 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 51 + 0,3$  (se  $67 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{19,8} = 0,3$  (se  $62 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 51 + 0,3$  (se  $164 \geq 106$ ) = **0,8**;  $C_{20,8} = 0,3$  (se  $22 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 51 + 0,3$  (se  $75 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{21,8} = 0,3$  (se  $19 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 51 + 0,3$  (se  $61 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{22,8} = 0,3$  (se  $21 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 51 + 0,3$  (se  $81 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{23,8} = 0,3$  (se  $59 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 51 + 0,3$  (se  $2 \geq 106$ ) = **0,5**;  $C_{24,8} = 0,3$  (se  $45 \geq 55$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 21$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 51 + 0,3$  (se  $50 \geq 106$ ) = **0,2**;  $C_{10,9} = 0,3$  (se  $49 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se

$13 \leq 51 + 0,3$  (se  $95 \geq 72$ ) = **0,5**;  $C_{10,9} = 0,3$  (se  $49 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $8 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 51 + 0,3$  (se  $95 \geq 72$ )) = **0,5**;  $C_{11,9} = 0,3$  (se  $48 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 51 + 0,3$  (se  $47 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{12,9} = 0,3$  (se  $57 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 51 + 0,3$  (se  $33 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{13,9} = 0,3$  (se  $51 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 51 + 0,3$  (se  $72 \geq 72$ )) = **0,5**;  $C_{14,9} = 0,3$  (se  $37 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 51 + 0,3$  (se  $15 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{15,9} = 0,3$  (se  $52 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 51 + 0,3$  (se  $44 \geq 72$ )) = **0,4**;  $C_{16,9} = 0,3$  (se  $49 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 51 + 0,3$  (se  $54 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{17,9} = 0,3$  (se  $47 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 51 + 0,3$  (se  $91 \geq 72$ )) = **0,5**;  $C_{18,9} = 0,3$  (se  $48 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 51 + 0,3$  (se  $67 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{19,9} = 0,3$  (se  $62 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 51 + 0,3$  (se  $164 \geq 72$ )) = **0,5**;  $C_{20,9} = 0,3$  (se  $22 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 51 + 0,3$  (se  $75 \geq 72$ )) = **0,5**;  $C_{21,9} = 0,3$  (se  $19 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 51 + 0,3$  (se  $61 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{22,9} = 0,3$  (se  $21 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 51 + 0,3$  (se  $81 \geq 72$ )) = **0,5**;  $C_{23,9} = 0,3$  (se  $59 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 51 + 0,3$  (se  $2 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{24,9} = 0,3$  (se  $45 \geq 64$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 30$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 51 + 0,3$  (se  $50 \geq 72$ )) = **0,2**;  $C_{11,10} = 0,3$  (se  $48 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $6 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 13 + 0,3$  (se  $47 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{12,10} = 0,3$  (se  $57 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 13 + 0,3$  (se  $33 \geq 95$ )) = **0,5**;  $C_{13,10} = 0,3$  (se  $51 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 13 + 0,3$  (se  $72 \geq 95$ )) = **0,5**;  $C_{14,10} = 0,3$  (se  $37 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 13 + 0,3$  (se  $15 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{15,10} = 0,3$  (se  $52 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 13 + 0,3$  (se  $44 \geq 95$ )) = **0,5**;  $C_{16,10} = 0,3$  (se  $49 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 13 + 0,3$  (se  $54 \geq 95$ )) = **0,5**;  $C_{17,10} = 0,3$  (se  $47 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 13 + 0,3$  (se  $91 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{18,10} = 0,3$  (se  $48 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 13 + 0,3$  (se  $67 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{19,10} = 0,3$  (se  $62 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 13 + 0,3$  (se  $164 \geq 95$ )) = **0,8**;  $C_{20,10} = 0,3$  (se  $22 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 13 + 0,3$  (se  $75 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{21,10} = 0,3$  (se  $19 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 13 + 0,3$  (se  $61 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{22,10} = 0,3$  (se  $21 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 13 + 0,3$  (se  $81 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{23,10} = 0,3$  (se  $59 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 13 + 0,3$  (se  $2 \geq 95$ )) = **0,5**;  $C_{24,10} = 0,3$  (se  $45 \geq 49$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 8$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 13 + 0,3$  (se  $50 \geq 95$ )) = **0,2**;  $C_{12,11} = 0,3$  (se  $57 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $110 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $204 \leq 6 + 0,3$  (se  $33 \geq 47$ )) = **0,5**;  $C_{13,11} = 0,3$  (se  $51 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 6 + 0,3$  (se  $72 \geq 47$ )) = **0,8**;  $C_{14,11} = 0,3$  (se  $37 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 6 + 0,3$  (se  $15 \geq 47$ )) = **0,2**;  $C_{15,11} = 0,3$  (se  $52 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 6 + 0,3$  (se  $44 \geq 47$ )) = **0,5**;  $C_{16,11} = 0,3$  (se  $49 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 6 + 0,3$  (se  $54 \geq 47$ )) = **0,8**;  $C_{17,11} = 0,3$  (se  $47 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 6 + 0,3$  (se  $91 \geq 47$ )) = **0,3**;  $C_{18,11} = 0,3$  (se  $48 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 6 + 0,3$  (se  $67 \geq 47$ )) = **0,8**;  $C_{19,11} = 0,3$  (se  $62 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 6 + 0,3$  (se  $164 \geq 47$ )) = **0,8**;  $C_{20,11} = 0,3$  (se  $22 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 6 + 0,3$  (se  $75 \geq 47$ )) = **0,5**;  $C_{21,11} = 0,3$  (se  $19 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 6 + 0,3$  (se  $61 \geq 47$ )) = **0,3**;  $C_{22,11} = 0,3$  (se  $21 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 6 + 0,3$  (se  $81 \geq 47$ )) = **0,3**;  $C_{23,11} = 0,3$  (se  $59 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 6 + 0,3$  (se  $2 \geq 47$ )) = **0,5**;  $C_{24,11} = 0,3$  (se  $45 \geq 48$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 6$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 6 + 0,3$  (se  $50 \geq 47$ )) = **0,3**;

$C_{13,12} = 0,3$  (se  $51 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $109 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $218 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $72 \geq 33$ ) = **0,3**;  $C_{14,12} = 0,3$  (se  $37 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $15 \geq 33$ ) = **0,2**;  $C_{15,12} = 0,3$  (se  $52 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $44 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{16,12} = 0,3$  (se  $49 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $54 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{17,12} = 0,3$  (se  $47 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $91 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{18,12} = 0,3$  (se  $48 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $67 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{19,12} = 0,3$  (se  $62 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $164 \geq 33$ ) = **0,8**;  $C_{20,12} = 0,3$  (se  $22 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $75 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{21,12} = 0,3$  (se  $19 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $61 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{22,12} = 0,3$  (se  $21 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $81 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{23,12} = 0,3$  (se  $59 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $2 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{24,12} = 0,3$  (se  $45 \geq 57$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 110$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 204$  +  $0,3$  (se  $50 \geq 33$ ) = **0,5**;  $C_{14,13} = 0,3$  (se  $37 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $10 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $24 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $15 \geq 72$ ) = **0,2**;  $C_{15,13} = 0,3$  (se  $52 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $44 \geq 72$ ) = **0,5**;  $C_{16,13} = 0,3$  (se  $49 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $54 \geq 72$ ) = **0,2**;  $C_{17,13} = 0,3$  (se  $47 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $91 \geq 72$ ) = **0,5**;  $C_{18,13} = 0,3$  (se  $48 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $67 \geq 72$ ) = **0,2**;  $C_{19,13} = 0,3$  (se  $62 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $164 \geq 72$ ) = **0,8**;  $C_{20,13} = 0,3$  (se  $22 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $75 \geq 72$ ) = **0,5**;  $C_{21,13} = 0,3$  (se  $19 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $61 \geq 72$ ) = **0,2**;  $C_{22,13} = 0,3$  (se  $21 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $81 \geq 72$ ) = **0,5**;  $C_{23,13} = 0,3$  (se  $59 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $2 \geq 72$ ) = **0,5**;  $C_{24,13} = 0,3$  (se  $45 \geq 51$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 109$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 218$  +  $0,3$  (se  $50 \geq 72$ ) = **0,2**;  $C_{15,14} = 0,3$  (se  $52 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $61 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $44 \geq 15$ ) = **0,8**;  $C_{16,14} = 0,3$  (se  $49 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $54 \geq 15$ ) = **0,8**;  $C_{17,14} = 0,3$  (se  $47 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $91 \geq 15$ ) = **0,8**;  $C_{18,14} = 0,3$  (se  $48 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $67 \geq 15$ ) = **0,8**;  $C_{19,14} = 0,3$  (se  $62 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $164 \geq 15$ ) = **0,8**;  $C_{20,14} = 0,3$  (se  $22 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $75 \geq 15$ ) = **0,5**;  $C_{21,14} = 0,3$  (se  $19 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $61 \geq 15$ ) = **0,5**;  $C_{22,14} = 0,3$  (se  $21 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $81 \geq 15$ ) = **0,5**;  $C_{23,14} = 0,3$  (se  $59 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $2 \geq 15$ ) = **0,5**;  $C_{24,14} = 0,3$  (se  $45 \geq 37$ ) +  $0,2$  (se  $3 \geq 10$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 24$  +  $0,3$  (se  $50 \geq 15$ ) = **0,8**;  $C_{16,15} = 0,3$  (se  $49 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $20 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $33 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $54 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{17,15} = 0,3$  (se  $47 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $13 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $91 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{18,15} = 0,3$  (se  $48 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $39 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $101 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $67 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{19,15} = 0,3$  (se  $62 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $6 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $164 \geq 44$ ) = **0,8**;  $C_{20,15} = 0,3$  (se  $22 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $1 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $75 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{21,15} = 0,3$  (se  $19 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $0 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $61 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{22,15} = 0,3$  (se  $21 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $5 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $8 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $81 \geq 44$ ) = **0,3**;  $C_{23,15} = 0,3$  (se  $59 \geq 52$ ) +  $0,2$  (se  $4 \geq 61$ ) +  $0,2$  (se  $4 \leq 101$  +  $0,3$  (se  $2 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{24,15} = 0,3$

(se  $45 \geq 52$ ) + 0,2 (se  $3 \geq 61$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 101$  + 0,3 (se  $50 \geq 44$ ) = **0,5**;  $C_{17,16} = 0,3$  (se  $47 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $5 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $13 \leq 33$  + 0,3 (se  $91 \geq 54$ ) = **0,5**;  $C_{18,16} = 0,3$  (se  $48 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $39 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $101 \leq 33$  + 0,3 (se  $67 \geq 54$ ) = **0,5**;  $C_{19,16} = 0,3$  (se  $62 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $6 \leq 33$  + 0,3 (se  $164 \geq 54$ ) = **0,8**;  $C_{20,16} = 0,3$  (se  $22 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $1 \leq 33$  + 0,3 (se  $75 \geq 54$ ) = **0,5**;  $C_{21,16} = 0,3$  (se  $19 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 33$  + 0,3 (se  $61 \geq 54$ ) = **0,5**;  $C_{22,16} = 0,3$  (se  $21 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $5 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 33$  + 0,3 (se  $81 \geq 54$ ) = **0,5**;  $C_{23,16} = 0,3$  (se  $59 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $4 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $4 \leq 33$  + 0,3 (se  $2 \geq 54$ ) = **0,5**;  $C_{24,16} = 0,3$  (se  $45 \geq 49$ ) + 0,2 (se  $3 \geq 20$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 33$  + 0,3 (se  $50 \geq 54$ ) = **0,2**;  $C_{18,17} = 0,3$  (se  $48 \geq 47$ ) + 0,2 (se  $39 \geq 5$ ) + 0,2 (se  $101 \leq 13$  + 0,3 (se  $67 \geq 91$ ) = **0,5**;  $C_{19,17} = 0,3$  (se  $62 \geq 47$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 5$ ) + 0,2 (se  $6 \leq 13$  + 0,3 (se  $164 \geq 91$ ) = **0,8**;  $C_{20,17} = 0,3$  (se  $22 \geq 47$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 5$ ) + 0,2 (se  $1 \leq 13$  + 0,3 (se  $75 \geq 91$ ) = **0,2**;  $C_{21,17} = 0,3$  (se  $19 \geq 47$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 5$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 13$  + 0,3 (se  $61 \geq 91$ ) = **0,2**;  $C_{22,17} = 0,3$  (se  $21 \geq 47$ ) + 0,2 (se  $5 \geq 5$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 13$  + 0,3 (se  $81 \geq 91$ ) = **0,4**;  $C_{23,17} = 0,3$  (se  $59 \geq 47$ ) + 0,2 (se  $4 \geq 5$ ) + 0,2 (se  $4 \leq 13$  + 0,3 (se  $2 \geq 91$ ) = **0,5**;  $C_{24,17} = 0,3$  (se  $45 \geq 47$ ) + 0,2 (se  $3 \geq 5$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 13$  + 0,3 (se  $50 \geq 91$ ) = **0,2**;  $C_{19,18} = 0,3$  (se  $62 \geq 48$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 39$ ) + 0,2 (se  $6 \leq 101$  + 0,3 (se  $164 \geq 67$ ) = **0,8**;  $C_{20,18} = 0,3$  (se  $22 \geq 48$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 39$ ) + 0,2 (se  $1 \leq 101$  + 0,3 (se  $75 \geq 67$ ) = **0,5**;  $C_{21,18} = 0,3$  (se  $19 \geq 48$ ) + 0,2 (se  $0 \geq 39$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 101$  + 0,3 (se  $61 \geq 67$ ) = **0,2**;  $C_{22,18} = 0,3$  (se  $21 \geq 48$ ) + 0,2 (se  $5 \geq 39$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 101$  + 0,3 (se  $81 \geq 67$ ) = **0,5**;  $C_{23,18} = 0,3$  (se  $59 \geq 48$ ) + 0,2 (se  $4 \geq 39$ ) + 0,2 (se  $4 \leq 101$  + 0,3 (se  $2 \geq 67$ ) = **0,5**;  $C_{24,18} = 0,3$  (se  $45 \geq 48$ ) + 0,2 (se  $3 \geq 39$ ) + 0,2 (se  $8 \leq 101$  + 0,3 (se  $50 \geq 67$ ) = **0,2**;

Continuando a desenvolver cálculos em tudo semelhantes é possível chegar-se à matriz de concordâncias, completa, a qual não é apresentada no artigo. O pesquisador fez esses cálculos, chegando à matriz de concordâncias completa da figura 217.

| MATRIZ DE CONCORDÂNCIAS   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                           | A1  | A2  | A3  | A4  | A5  | A6  | A7  | A8  | A9  | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | A17 | A18 | A19 | A20 | A21 | A22 | A23 | A24 |
| Adrian Sutil (A1)         | -   | 0,5 | 0,7 | 1   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 1   | 0,5 | 0,5 | 0,8 |
| Alexander Wurz (A2)       | 0,5 | -   | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Anthony Davidson (A3)     | 0,3 | 0,5 | -   | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 1   | 0,5 | 0,5 | 0,8 |
| Christian Albers (A4)     | 0,2 | 0,5 | 0,4 | -   | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,2 |
| David Coulthard (A5)      | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | -   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 |
| Felipe Massa (A6)         | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | -   | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 |
| Fernando Alonso (A7)      | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | -   | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0   | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Giancarlo Fisichella (A8) | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | -   | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 |
| Heikki Kovalainen (A9)    | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | -   | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 |
| Jarno Trulli (A10)        | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | -   | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 1   | 0,8 | 0,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 |
| Jenson Button (A11)       | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | -   | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |
| Kimi Raikkonen (A12)      | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1   | 1   | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | -   | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Lewis Hamilton (A13)      | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | -   | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 |
| Mark Weber (A14)          | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | -   | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 |
| Nick Heidfeld (A15)       | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | -   | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Nico Rosberg (A16)        | 0,5 | 0,7 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | -   | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,8 |
| Ralph Schumacher (A17)    | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | -   | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 |
| Robert Kubica (A18)       | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | -   | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,8 |
| Rubens Barrichello (A19)  | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | -   | 0,8 | 1   | 0,8 | 0,6 | 0,8 |
| Sakon Yamamoto (A20)      | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | -   | 1   | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Scott Speed (A21)         | 0   | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | -   | 0,2 | 0,3 | 0,5 |
| Sebastian Vettel (A22)    | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 1   | -   | 0,5 | 0,7 |
| Takuma Sato (A23)         | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | -   | 0,7 |
| Vitantonio Liuzzi (A24)   | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | -   |

Figura 217 – Matriz de índices de concordância – completa (Fonte: o pesquisador, 2018)

✓ **4º passo: Cálculo dos índices de discordância**

Faz-se utilizando a expressão:

$$d_{h,k} = \begin{cases} \emptyset, & \text{se } (a_{h,j}) \geq (a_{k,j}) \text{ para todo } j \\ \text{máx}_{j: a_{h,j} < a_{k,j}} [(a_{k,j}) - (a_{h,j})] / \delta, & \text{sendo } \delta \text{ o intervalo das qualificações no critério } j \end{cases}$$

**Nota: em critérios a minimizar calcula-se o valor simétrico da expressão**

Desse modo tem-se que:

$$\begin{aligned} d_{1,2} &= \text{Máx posit } [Cal A_{2,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((52;13;\mathbf{33};20) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (7/45; 12/110; -32/217; -52/163) = \mathbf{0,15556}; \\ d_{1,3} &= \text{Máx posit } [Cal A_{3,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;0;\mathbf{4};69) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (6/45; -1/110; -3/217; -3/163) = \mathbf{0,13333}; \\ d_{1,4} &= \text{Máx posit } [Cal A_{4,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((24;0;\mathbf{1};44) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-21/45; -1/110; 0/217; -28/163) = \mathbf{0}; \\ d_{1,5} &= \text{Máx posit } [Cal A_{5,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;14;\mathbf{24};140) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (0/45; 13/110; -23/217; 68/163) = \mathbf{0,41718}; \\ d_{1,6} &= \text{Máx posit } [Cal A_{6,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;94;\mathbf{204};1) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; 93/110; -203/217; -71/163) = \mathbf{0,84545}; \\ d_{1,7} &= \text{Máx posit } [Cal A_{7,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((54;109;\mathbf{218};16) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (9/45; 108/110; -217/217; -56/163) = \mathbf{0,98182}; \\ d_{1,8} &= \text{Máx posit } [Cal A_{8,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((55;21;\mathbf{51};106) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (10/45; 20/110; -50/217; 34/163) = \mathbf{0,22222}; \\ d_{1,9} &= \text{Máx posit } [Cal A_{9,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((64;30;\mathbf{51};72) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (19/45; 29/110; -50/217; 0/163) = \mathbf{0,42222}; \\ d_{1,10} &= \text{Máx posit } [Cal A_{10,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;8;\mathbf{13};95) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; 7/110; -12/217; 23/163) = \mathbf{0,14110}; \\ d_{1,11} &= \text{Máx posit } [Cal A_{11,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;6;\mathbf{6};47) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (3/45; 5/110; -5/217; -25/163) = \mathbf{0,06667}; \\ d_{1,12} &= \text{Máx posit } [Cal A_{12,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((57;110;\mathbf{204};33) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (12/45; 109/110; -213/217; -39/163) = \mathbf{0,99091}; \\ d_{1,13} &= \text{Máx posit } [Cal A_{13,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;109;\mathbf{218};72) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (6/45; 108/110; -217/217; 0/163) = \mathbf{0,98182}; \\ d_{1,14} &= \text{Máx posit } [Cal A_{14,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((37;10;\mathbf{24};15) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-8/45; 9/110; -23/217; -57/163) = \mathbf{0,08182}; \\ d_{1,15} &= \text{Máx posit } [Cal A_{15,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((52;61;\mathbf{101};44) - (45;1;\mathbf{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (7/45; 60/110; -100/217; -28/163) = \mathbf{0,54545}; \\ d_{1,16} &= \text{Máx posit } \end{aligned}$$



$[Cal A_{16,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;20;\underline{33};54) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; 19/110; -32/217; -18/163) = \mathbf{0,17273}$ ;  $d_{1,17} = \text{Máx posit } [Cal A_{17,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((47;5;\underline{13};91) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (2/45; 4/110; -12/217; 19/163) = \mathbf{0,11656}$ ;  $d_{1,18} = \text{Máx posit } [Cal A_{18,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;39;\underline{101};67) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (3/45; 38/110; -100/217; -5/163) = \mathbf{0,34545}$ ;  $d_{1,19} = \text{Máx posit } [Cal A_{19,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((62;0;\underline{6};164) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (17/45; -1/110; -5/217; 92/163) = \mathbf{0,56442}$ ;  $d_{1,20} = \text{Máx posit } [Cal A_{20,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;0;\underline{1};75) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-23/45; -1/110; 0/217; 3/163) = \mathbf{0,01840}$ ;  $d_{1,21} = \text{Máx posit } [Cal A_{21,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((19;0;\underline{8};61) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-26/45; -1/110; -7/217; -11/163) = \mathbf{0}$ ;  $d_{1,22} = \text{Máx posit } [Cal A_{22,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((21;5;\underline{8};81) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-24/45; 4/110; -7/217; 9/163) = \mathbf{0,05521}$ ;  $d_{1,23} = \text{Máx posit } [Cal A_{23,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((59;4;\underline{4};2) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (14/45; 3/110; -3/217; -70/163) = \mathbf{0,31111}$ ;  $d_{1,24} = \text{Máx posit } [Cal A_{24,j} - Cal A_{1,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;3;\underline{8};50) - (45;1;\underline{1};72)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (0/45; 2/110; -7/217; -22/163) = \mathbf{0,01818}$ ;  $d_{2,3} = \text{Máx posit } [Cal A_{3,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;0;\underline{4};69) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-1/45; -13/110; 29/217; 49/163) = \mathbf{0,30061}$ ;  $d_{2,3} = \text{Máx posit } [Cal A_{3,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;0;\underline{4};69) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-1/45; -13/110; 29/217; 49/163) = \mathbf{0,30061}$ ;  $d_{2,4} = \text{Máx posit } [Cal A_{4,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((24;0;\underline{1};44) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-28/45; -13/110; 32/217; 24/163) = \mathbf{0,14746}$ ;  $d_{2,5} = \text{Máx posit } [Cal A_{5,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;14;\underline{24};140) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-7/45; 1/110; 9/217; 120/163) = \mathbf{0,73620}$ ;  $d_{2,6} = \text{Máx posit } [Cal A_{6,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;94;\underline{204};1) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-3/45; 81/110; -171/217; -19/163) = \mathbf{0,73636}$ ;  $d_{2,7} = \text{Máx posit } [Cal A_{7,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((54;109;\underline{218};16) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (2/45; 96/110; -185/217; -4/163) = \mathbf{0,87273}$ ;  $d_{2,8} = \text{Máx posit } [Cal A_{8,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((55;21;\underline{51};106) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (3/45; 8/110; -18/217; 86/163) = \mathbf{0,52761}$ ;  $d_{2,9} = \text{Máx posit } [Cal A_{9,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((64;30;\underline{51};72) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (12/45; 17/110; -18/217; 52/163) = \mathbf{0,31902}$ ;  $d_{2,10} = \text{Máx posit } [Cal A_{10,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;8;\underline{13};95) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-3/45; -5/110; 20/217; 75/163) = \mathbf{0,46012}$ ;  $d_{2,11} = \text{Máx posit } [Cal A_{11,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;6;\underline{6};47) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-4/45; -7/110; 27/217; 27/163) = \mathbf{0,16564}$ ;  $d_{2,12} = \text{Máx posit } [Cal A_{12,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((57;110;\underline{204};33) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (5/45; 97/110; -171/217; 13/163) = \mathbf{0,88182}$ ;  $d_{2,13} = \text{Máx posit } [Cal A_{13,j} - Cal A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;109;\underline{218};72) - (52;13;\underline{33};20)) / (45;110;217;163) \} =$

Máx posit  $(-1/45; 96/110; -185/217; 50/163) = \mathbf{0,87273}$ ;  $d_{2,14} = \text{Máx posit [Cal } A_{14,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((37;10;\mathbf{24};15) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-15/45; -3/110; 9/217; -5/163) = \mathbf{0,04147}$ ;  $d_{2,15} = \text{Máx posit [Cal } A_{15,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((52;61;\mathbf{101};44) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (0/45; 48/110; -68/217; 24/163) = \mathbf{0,43636}$ ;  $d_{2,16} = \text{Máx posit [Cal } A_{16,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;20;\mathbf{33};54) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-3/45; 7/110; 0/217; 34/163) = \mathbf{0,20859}$ ;  $d_{2,17} = \text{Máx posit [Cal } A_{17,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((47;5;\mathbf{13};91) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-5/45; -8/110; 20/217; 72/163) = \mathbf{0,44172}$ ;  $d_{2,18} = \text{Máx posit [Cal } A_{18,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;39;\mathbf{101};67) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-4/45; 26/110; -68/217; 47/163) = \mathbf{0,28834}$ ;  $d_{2,18} = \text{Máx posit [Cal } A_{19,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((62;0;\mathbf{6};164) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (10/45; -13/110; 27/217; 144/163) = \mathbf{0,88344}$ ;  $d_{2,20} = \text{Máx posit [Cal } A_{20,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;0;\mathbf{1};75) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-30/45; -13/110; 32/217; 55/163) = \mathbf{0,33742}$ ;  $d_{2,21} = \text{Máx posit [Cal } A_{21,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((19;0;\mathbf{8};61) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-33/45; -13/110; 25/217; 41/163) = \mathbf{0,25153}$ ;  $d_{2,22} = \text{Máx posit [Cal } A_{22,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((21;5;\mathbf{8};81) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-31/45; -8/110; 25/217; 61/163) = \mathbf{0,37423}$ ;  $d_{2,23} = \text{Máx posit [Cal } A_{23,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((59;4;\mathbf{4};2) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (7/45; -9/110; 29/217; -18/163) = \mathbf{0,15556}$ ;  $d_{2,24} = \text{Máx posit [Cal } A_{24,j} - \text{Cal } A_{2,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;3;\mathbf{8};50) - (52;13;\mathbf{33};20)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-7/45; -10/110; 25/217; 30/163) = \mathbf{0,18405}$ ;  $d_{3,4} = \text{Máx posit [Cal } A_{4,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((24;0;\mathbf{1};44) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-27/45; 0/110; 3/217; -25/163) = \mathbf{0,01382}$ ;  $d_{3,5} = \text{Máx posit [Cal } A_{5,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;14;\mathbf{24};140) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-6/45; 14/110; -20/217; -29/163) = \mathbf{0,12727}$ ;  $d_{3,6} = \text{Máx posit [Cal } A_{6,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;94;\mathbf{204};1) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-2/45; 94/110; -200/217; -68/163) = \mathbf{0,85455}$ ;  $d_{3,7} = \text{Máx posit [Cal } A_{7,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((54;109;\mathbf{218};16) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (3/45; 109/110; -214/217; -53/163) = \mathbf{0,99091}$ ;  $d_{3,8} = \text{Máx posit [Cal } A_{8,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((55;21;\mathbf{51};106) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; 21/110; -47/217; 37/163) = \mathbf{0,22699}$ ;  $d_{3,9} = \text{Máx posit [Cal } A_{9,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((64;30;\mathbf{51};72) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (13/45; 30/110; -47/217; 3/163) = \mathbf{0,28889}$ ;  $d_{3,10} = \text{Máx posit [Cal } A_{10,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;8;\mathbf{13};95) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-2/45; 8/110; -9/217; 26/163) = \mathbf{0,15951}$ ;  $d_{3,11} = \text{Máx posit [Cal } A_{11,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;6;\mathbf{6};47) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-3/45; 6/110; -2/217; -22/163) = \mathbf{0,05455}$ ;  $d_{3,12} = \text{Máx posit [Cal } A_{12,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((57;110;\mathbf{204};33) - (51;0;\mathbf{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (6/45; 110/110; -$

$200/217; -36/163) = 1$ ;  $d_{3,13} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{13,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;109;\underline{218};72) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (0/45; 109/110; -214/217; 3/163) = \mathbf{0,99091}$ ;  $d_{3,14} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{14,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((37;10;\underline{24};15) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-14/45; 10/110; -20/217; -54/163) = \mathbf{0,09091}$ ;  $d_{3,15} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{15,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((52;61;\underline{101};44) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (1/45; 61/110; -97/217; -15/163) = \mathbf{0,55455}$ ;  $d_{3,16} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{16,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;20;\underline{33};54) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-2/45; 20/110; -29/217; -15/163) = \mathbf{0,18182}$ ;  $d_{3,17} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{17,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((47;5;\underline{13};91) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-4/45; 5/110; -9/217; 22/163) = \mathbf{0,13497}$ ;  $d_{3,18} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{18,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;39;\underline{101};67) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-3/45; 39/110; -97/217; -2/163) = \mathbf{0,35455}$ ;  $d_{3,19} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{19,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((62;0;\underline{6};164) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (11/45; 0/110; -2/217; 95/163) = \mathbf{0,58282}$ ;  $d_{3,20} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{20,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;0;\underline{1};75) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-29/45; 0/110; 3/217; 6/163) = \mathbf{0,03681}$ ;  $d_{3,21} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{21,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((19;0;\underline{8};61) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-32/45; 0/110; -4/217; -8/163) = \mathbf{0}$ ;  $d_{3,22} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{22,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((21;5;\underline{8};81) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-30/45; 5/110; -4/217; 12/163) = \mathbf{0,07362}$ ;  $d_{3,23} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{23,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((59;4;\underline{4};2) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (8/45; 4/110; 0/217; -67/163) = \mathbf{0,17778}$ ;  $d_{3,24} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{24,j} - \text{Cal } A_{3,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;3;\underline{8};50) - (51;0;\underline{4};69)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-6/45; 3/110; -4/217; -19/163) = \mathbf{0,02727}$ ;  $d_{4,5} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{5,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;14;\underline{24};140) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (21/45; 14/110; -23/217; 96/163) = \mathbf{0,58896}$ ;  $d_{4,6} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{6,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;94;\underline{204};1) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (25/45; 94/110; -203/217; -43/163) = \mathbf{0,85455}$ ;  $d_{4,7} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{7,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((54;109;\underline{218};16) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (30/45; 109/110; -217/217; -28/163) = \mathbf{0,99091}$ ;  $d_{4,8} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{8,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((55;21;\underline{51};106) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (31/45; 21/110; -50/217; 62/163) = \mathbf{0,68889}$ ;  $d_{4,9} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{9,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((64;30;\underline{51};72) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (40/45; 30/110; -50/217; 28/163) = \mathbf{0,88889}$ ;  $d_{4,10} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{10,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;8;\underline{13};95) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (25/45; 8/110; -12/217; 51/163) = \mathbf{0,55556}$ ;  $d_{4,11} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{11,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;6;\underline{6};47) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (24/45; 6/110; -5/217; 3/163) = \mathbf{0,53333}$ ;  $d_{4,12} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{12,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((57;110;\underline{204};33) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (33/45; 110/110; -203/217; -11/163) = \mathbf{1}$ ;  $d_{4,13} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{13,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;109;\underline{218};72) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (27/45; 109/110; -217/217; -28/163) = \mathbf{0,99091}$

$-(24;0;\underline{1};44) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (27/45; 109/110; -217/217; 28/163) = \mathbf{0,99091}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,14}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{14,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((37;10;\underline{24};15) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (13/45; 10/110; -23/217; -29/163) = \mathbf{0,28889}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,15}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{15,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((52;61;\underline{101};44) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (28/45; 61/110; -100/217; 0/163) = \mathbf{0,62222}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,16}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{16,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;20;\underline{33};54) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (25/45; 20/110; -32/217; 10/163) = \mathbf{0,55556}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,17}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{17,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((47;5;\underline{13};91) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (23/45; 5/110; -12/217; 47/163) = \mathbf{0,51111}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,18}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{18,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;39;\underline{101};67) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (24/45; 39/110; -100/217; 23/163) = \mathbf{0,53333}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,19}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{19,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((62;0;\underline{6};164) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (38/45; 0/110; -5/217; 120/163) = \mathbf{0,84444}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,20}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{20,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;0;\underline{1};75) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-2/45; 0/110; 0/217; 31/163) = \mathbf{0,19018}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,20}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{20,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;0;\underline{1};75) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-2/45; 0/110; 0/217; 31/163) = \mathbf{0,19018}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,21}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{21,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((19;0;\underline{8};61) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-5/45; 0/110; -7/217; 17/163) = \mathbf{0,10429}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,22}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{22,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((21;5;\underline{8};81) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-3/45; 5/110; -7/217; 37/163) = \mathbf{0,22699}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,23}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{23,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((59;4;\underline{4};2) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (35/45; 4/110; -3/217; -42/163) = \mathbf{0,77778}$ ;  
 $\mathbf{d_{4,24}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{24,j} - \text{Cal } A_{4,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;3;\underline{8};50) - (24;0;\underline{1};44)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (21/45; 3/110; 7/217; 6/163) = \mathbf{0,46667}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,6}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{6,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;94;\underline{204};1) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; 80/110; -180/217; -139/163) = \mathbf{0,72727}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,6}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{6,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;94;\underline{204};1) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; 80/110; -180/217; -139/163) = \mathbf{0,72727}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,7}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{7,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((54;109;\underline{218};16) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (9/45; 95/110; -94/217; -124/163) = \mathbf{0,86364}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,8}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{8,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((55;21;\underline{51};106) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (10/45; 7/110; -27/217; -34/163) = \mathbf{0,22222}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,9}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{9,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((64;30;\underline{51};72) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (19/45; 16/110; -27/217; -68/163) = \mathbf{0,42222}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,10}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{10,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;8;\underline{13};95) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; -6/110; 11/217; -45/163) = \mathbf{0,08889}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,11}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{11,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;6;\underline{6};47) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (3/45; -8/110; 18/217; -93/163) = \mathbf{0,08295}$ ;  
 $\mathbf{d_{5,12}} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{12,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((57;110;\underline{204};33) - (45;14;\underline{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (12/45; 96/110; -$

$180/217; -107/163) = \mathbf{0,87273}$ ;  $d_{5,13} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{13,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((51;109;\mathbf{218};72) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (6/45; 95/110; -194/217; -68/163) = \mathbf{0,86364}$ ;  $d_{5,14} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{14,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((37;10;\mathbf{24};15) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-8/45; -4/110; 0/217; -125/163) = \mathbf{0}$ ;  $d_{5,15} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{15,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((52;61;\mathbf{101};44) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (7/45; 47/110; -77/217; -96/163) = \mathbf{0,42727}$ ;  $d_{5,16} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{16,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((49;20;\mathbf{33};54) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (4/45; 6/110; -9/217; -86/163) = \mathbf{0,08889}$ ;  $d_{5,17} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{17,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((47;5;\mathbf{13};91) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (2/45; -9/110; 11/217; -49/163) = \mathbf{0,05069}$ ;  $d_{5,18} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{18,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((48;39;\mathbf{101};67) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (3/45; 25/110; -77/217; -73/163) = \mathbf{0,22727}$ ;  $d_{5,19} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{19,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((62;0;\mathbf{6};164) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (17/45; -14/110; 18/217; 24/163) = \mathbf{0,37778}$ ;  $d_{5,20} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{20,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((22;0;\mathbf{1};75) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-23/45; -14/110; 23/217; -65/163) = \mathbf{0,10599}$ ;  $d_{5,21} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{21,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((19;0;\mathbf{8};61) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-26/45; -14/110; 16/217; -79/163) = \mathbf{0,07373}$ ;  $d_{5,22} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{22,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((21;5;\mathbf{8};81) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (-24/45; -9/110; 16/217; -59/163) = \mathbf{0,07373}$ ;  $d_{5,23} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{23,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((59;4;\mathbf{4};2) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (14/45; -10/110; 20/217; -138/163) = \mathbf{0,31111}$ ;  $d_{5,24} = \text{Máx posit } [\text{Cal } A_{24,j} - \text{Cal } A_{5,j}] / \delta = \text{Máx posit } \{ ((45;3;\mathbf{8};50) - (45;14;\mathbf{24};140)) / (45;110;217;163) \} = \text{Máx posit } (0/45; -11/110; 16/217; -90/163) = \mathbf{0,07373}$ .

Continuando a desenvolver cálculos em tudo semelhantes é possível chegar-se à matriz de discordâncias, completa, a qual não é apresentada no artigo. O pesquisador fez esses cálculos, chegando à matriz de discordâncias completa da figura 218.

| MATRIZ DE DISCORDÂNCIAS   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                           | A1      | A2      | A3      | A4      | A5      | A6      | A7      | A8      | A9      | A10     | A11     | A12     | A13     | A14     | A15     | A16     | A17     | A18     | A19     | A20     | A21     | A22     | A23     | A24     |
| Adrian Sutil (A1)         | -       | 0,15556 | 0,13333 | 0       | 0,41718 | 0,84545 | 0,38182 | 0,22222 | 0,42222 | 0,1411  | 0,06667 | 0,39091 | 0,38182 | 0,08182 | 0,54545 | 0,17273 | 0,11656 | 0,34545 | 0,56442 | 0,0184  | 0       | 0,05521 | 0,31111 | 0,01818 |
| Alexander Wurz (A2)       | 0,31902 | -       | 0,30061 | 0,14747 | 0,7362  | 0,73636 | 0,87273 | 0,52761 | 0,31902 | 0,46012 | 0,16564 | 0,88182 | 0,87273 | 0,04147 | 0,43636 | 0,20859 | 0,44142 | 0,28834 | 0,88344 | 0,33742 | 0,25153 | 0,37423 | 0,15556 | 0,18405 |
| Anthony Davidson (A3)     | 0,0184  | 0,13334 | -       | 0,01882 | 0,12727 | 0,85455 | 0,39091 | 0,22639 | 0,28889 | 0,15951 | 0,05455 | 1       | 0,99091 | 0,09091 | 0,55455 | 0,18182 | 0,13497 | 0,35455 | 0,58282 | 0,03681 | 0       | 0,07362 | 0,17778 | 0,02727 |
| Christian Albers (A4)     | 0,46667 | 0,62222 | 0,6     | -       | 0,38896 | 0,85455 | 0,39091 | 0,68889 | 0,88889 | 0,55556 | 0,53333 | 1       | 0,99091 | 0,28889 | 0,62222 | 0,55556 | 0,51111 | 0,53333 | 0,84444 | 0,19018 | 0,10429 | 0,22639 | 0,77778 | 0,46667 |
| David Coulthard (A5)      | 0,10539 | 0,15556 | 0,13333 | 0,10539 | -       | 0,72727 | 0,86364 | 0,22222 | 0,42222 | 0,08889 | 0,08295 | 0,87273 | 0,86364 | 0       | 0,42727 | 0,08889 | 0,05069 | 0,22727 | 0,37778 | 0,10539 | 0,07373 | 0,07373 | 0,31111 | 0,07373 |
| Felipe Massa (A6)         | 0,39548 | 0,78802 | 0,52166 | 0,39548 | 0,85276 | -       | 0,13636 | 0,70507 | 0,70507 | 0,88018 | 0,91244 | 0,19632 | 0,43558 | 0,82943 | 0,47465 | 0,78802 | 0,88018 | 0,47465 | 1       | 0,39548 | 0,30323 | 0,30323 | 0,32166 | 0,36078 |
| Fernando Alonso (A7)      | 1       | 0,85253 | 0,38618 | 1       | 0,89401 | 0,06452 | -       | 0,76959 | 0,76959 | 0,3447  | 0,3447  | 0,10429 | 0,34356 | 0,89401 | 0,53917 | 0,85253 | 0,3447  | 0,53917 | 0,37636 | 1       | 0,36774 | 0,36774 | 0,38618 | 0,36774 |
| Giancarlo Fisichella (A8) | 0,23041 | 0,08285 | 0,21659 | 0,23041 | 0,20859 | 0,66364 | 0,8     | -       | 0,2     | 0,17512 | 0,20737 | 0,80909 | 0,8     | 0,12442 | 0,36364 | 0,08295 | 0,17512 | 0,16364 | 0,35583 | 0,23041 | 0,19816 | 0,19816 | 0,21659 | 0,19816 |
| Heikki Kovalainen (A9)    | 0,23041 | 0,08285 | 0,21659 | 0,23041 | 0,41718 | 0,58182 | 0,71818 | 0,20859 | -       | 0,1411  | 0,20737 | 0,72727 | 0,71818 | 0,12442 | 0,28182 | 0,08295 | 0,17512 | 0,08182 | 0,56442 | 0,23041 | 0,19816 | 0,19816 | 0,21659 | 0,19816 |
| Jarno Trulli (A10)        | 0,0553  | 0,06667 | 0,04444 | 0,0553  | 0,27607 | 0,78182 | 0,31818 | 0,13333 | 0,33333 | -       | 0,03226 | 0,32727 | 0,31818 | 0,01818 | 0,48182 | 0,10909 | 0       | 0,28182 | 0,42331 | 0,0553  | 0,02304 | 0,02304 | 0,22222 | 0,02304 |
| Jenson Button (A11)       | 0,15337 | 0,08889 | 0,13437 | 0,02304 | 0,70555 | 0,8     | 0,36364 | 0,36196 | 0,35556 | 0,29448 | -       | 0,34545 | 0,36364 | 0,36364 | 0,5     | 0,12727 | 0,26394 | 0,3     | 0,71779 | 0,17178 | 0,08589 | 0,20859 | 0,24444 | 0,0184  |
| Kimi Raikkonen (A12)      | 0,39548 | 0,78802 | 0,32166 | 0,39548 | 0,82943 | 0       | 0       | 0,70507 | 0,70507 | 0,88018 | 0,91244 | -       | 0,23926 | 0,82943 | 0,47465 | 0,78802 | 0,88018 | 0,47465 | 0,31244 | 0,39548 | 0,30323 | 0,30323 | 0,32166 | 0,30323 |
| Lewis Hamilton (A13)      | 1       | 0,02222 | 0,38618 | 1       | 0,89401 | 0,06452 | 0,06667 | 0,76959 | 0,76959 | 0,3447  | 0,37636 | 0,13333 | -       | 0,30323 | 0,53917 | 0,85253 | 0,3447  | 0,53917 | 0,37636 | 1       | 0,36774 | 0,36774 | 0,38618 | 0,36774 |
| Mark Webber (A14)         | 0,34969 | 0,33333 | 0,33129 | 0,17791 | 0,76687 | 0,76364 | 0,9     | 0,55828 | 0,6     | 0,4908  | 0,24444 | 0,30909 | 0,9     | -       | 0,46364 | 0,26667 | 0,46626 | 0,31902 | 0,31411 | 0,3681  | 0,28221 | 0,40431 | 0,48889 | 0,21472 |
| Nick Heidfeld (A15)       | 0,46083 | 0,31336 | 0,76687 | 0,46083 | 0,38896 | 0,3     | 0,43636 | 0,38037 | 0,26667 | 0,40553 | 0,43779 | 0,44545 | 0,43636 | 0,35484 | -       | 0,31336 | 0,40553 | 0,1411  | 0,7362  | 0,46083 | 0,42857 | 0,42857 | 0,447   | 0,42857 |
| Nico Rosberg (A16)        | 0,14747 | 0,06667 | 0,13364 | 0,14747 | 0,52761 | 0,67273 | 0,80909 | 0,31902 | 0,33333 | 0,25153 | 0,12442 | 0,81818 | 0,80909 | 0,04147 | 0,37273 | -       | 0,22639 | 0,17273 | 0,57485 | 0,14747 | 0,11521 | 0,16564 | 0,22222 | 0,11521 |
| Ralph Schumacher (A17)    | 0,0553  | 0,11111 | 0,08889 | 0,0553  | 0,30061 | 0,80909 | 0,34545 | 0,17778 | 0,37778 | 0,04444 | 0,03226 | 0,35455 | 0,34545 | 0,04545 | 0,50909 | 0,13636 | -       | 0,30909 | 0,44785 | 0,0553  | 0,02304 | 0,02304 | 0,26667 | 0,02304 |
| Robert Kubica (A18)       | 0,46083 | 0,31336 | 0,047   | 0,46083 | 0,44785 | 0,5     | 0,63636 | 0,23926 | 0,35556 | 0,40553 | 0,43779 | 0,64545 | 0,63636 | 0,35484 | 0,2     | 0,31336 | 0,40553 | -       | 0,59509 | 0,46083 | 0,42857 | 0,42857 | 0,447   | 0,42857 |
| Rubens Barrichello (A19)  | 0,02304 | 0,11818 | 0,00922 | 0,02304 | 0,12727 | 0,85455 | 0,39091 | 0,19091 | 0,27273 | 0,07273 | 0,05455 | 1       | 0,39091 | 0,09091 | 0,55455 | 0,18182 | 0,16564 | 0,35455 | -       | 0,02304 | 0       | 0,04545 | 0,03636 | 0,02727 |
| Sakon Yamamoto (A20)      | 0,51111 | 0,66667 | 0,64444 | 0,04444 | 0,51111 | 0,85455 | 0,39091 | 0,73333 | 0,33333 | 0,6     | 0,57778 | 1       | 0,99091 | 0,33333 | 0,66667 | 0,6     | 0,55556 | 0,57778 | 0,88889 | -       | 0       | 0,04545 | 0,82222 | 0,51111 |
| Scott Speed (A21)         | 0,57778 | 0,73333 | 0,71111 | 0,11111 | 0,57778 | 0,85455 | 0,39091 | 0,8     | 1       | 0,66667 | 0,64444 | 1       | 0,99091 | 0,4     | 0,73333 | 0,66667 | 0,62222 | 0,64444 | 0,35556 | 0,08589 | -       | 0,1227  | 0,88889 | 0,57778 |
| Sebastian Vettel (A22)    | 0,53333 | 0,68889 | 0,66667 | 0,06667 | 0,53333 | 0,80909 | 0,34545 | 0,75556 | 0,95556 | 0,62222 | 0,6     | 0,35455 | 0,34545 | 0,35556 | 0,68889 | 0,62222 | 0,57778 | 0,6     | 0,31111 | 0,03226 | 0       | -       | 0,84444 | 0,53333 |
| Takuma Sato (A23)         | 0,42945 | 0,11043 | 0,41104 | 0,25767 | 0,60123 | 0,81818 | 0,35455 | 0,63804 | 0,42945 | 0,57055 | 0,27607 | 0,36364 | 0,34545 | 0,07975 | 0,51818 | 0,31902 | 0,54601 | 0,39877 | 0,39387 | 0,44785 | 0,36196 | 0,48466 | -       | 0,29448 |
| Vitantonio Liuzzi (A24)   | 0,13437 | 0,15556 | 0,13333 | 0,03226 | 0,55215 | 0,82727 | 0,36364 | 0,34356 | 0,42222 | 0,27607 | 0,06667 | 0,37273 | 0,36364 | 0,06364 | 0,52727 | 0,15435 | 0,31905 | 0,32727 | 0,69933 | 0,36406 | 0,3318  | 0,3318  | 0,35023 | -       |

Figura 218 – Matriz de índices de discordância – completa (Fonte: o pesquisador, 2018)

✓ **5º passo: Cálculo do(s) limiar(es) de preferência,  $p$ , e indiferença,  $q$ , a partir respectivamente da(s) matriz(es) de concordância(s) e discordância(s).**

O valor do limiar de preferência,  $\bar{p}$ , não é mais do que a média dos valores da matriz de concordâncias, e o valor do limiar de discordância,  $\bar{q}$ , não é mais do que a média dos valores da matriz de discordâncias. Se, calculado o valor de  $\bar{p}$ , não houver na matriz de concordâncias nenhum elemento que corresponda a esse valor, toma-se o elemento com o valor imediatamente acima de  $\bar{p}$ ; por outro lado, se não houver também na matriz de discordâncias nenhum elemento que corresponda ao valor de  $\bar{q}$ , toma-se para  $\bar{q}$  o valor do elemento da matriz de discordâncias que for imediatamente abaixo da média dos elementos dessa matriz.

Por partes, então:

Soma dos elementos da 1ª linha dos elementos da matriz de concordância = 12,5

Soma dos elementos da 2ª linha dos elementos da matriz de concordância = 10,7

Soma dos elementos da 3ª linha dos elementos da matriz de concordância = 13,2

Soma dos elementos da 4ª linha dos elementos da matriz de concordância = 8,4

Soma dos elementos da 5ª linha dos elementos da matriz de concordância = 13,7

Soma dos elementos da 6ª linha dos elementos da matriz de concordância = 8,5

Soma dos elementos da 7ª linha dos elementos da matriz de concordância = 10,9

Soma dos elementos da 8ª linha dos elementos da matriz de concordância = 16,6

Soma dos elementos da 9ª linha dos elementos da matriz de concordância = 16,5

Soma dos elementos da 10ª linha dos elementos da matriz de concordância = 14,7

Soma dos elementos da 11ª linha dos elementos da matriz de concordância = 11,0

Soma dos elementos da 12ª linha dos elementos da matriz de concordância = 12,7

Soma dos elementos da 13ª linha dos elementos da matriz de concordância = 13,9

Soma dos elementos da 14ª linha dos elementos da matriz de concordância = 6,4

Soma dos elementos da 15ª linha dos elementos da matriz de concordância = 12,2

Soma dos elementos da 16ª linha dos elementos da matriz de concordância = 11,7

Soma dos elementos da 17ª linha dos elementos da matriz de concordância = 12,5

Soma dos elementos da 18ª linha dos elementos da matriz de concordância = 11,2

Soma dos elementos da 19ª linha dos elementos da matriz de concordância = 17,9

Soma dos elementos da 20ª linha dos elementos da matriz de concordância = 11,1

Soma dos elementos da 21ª linha dos elementos da matriz de concordância = 7,3

Soma dos elementos da 22ª linha dos elementos da matriz de concordância = 10,7

Soma dos elementos da 23ª linha dos elementos da matriz de concordância = 12,0

Soma dos elementos da 24ª linha dos elementos da matriz de concordância = 9,2

Logo, a somatória de todos os elementos da matriz de concordâncias = 285,5

Levando em consideração que se trata de uma matriz quadrada de ordem 24 onde os elementos da diagonal principal não assumem quaisquer valores, temos que  $p = 285,5 / [(24 \times 24) - 24] = 0,51721$ .

Acontece que nenhum dos elementos da matriz de concordâncias é igual a esse valor, e o valor imediatamente acima é 0,6. Assume-se então para  $\bar{p}$  o valor de 0,6.

*Soma dos elementos da 1ª linha dos elementos da matriz de discordância = 7,58761*

*Soma dos elementos da 2ª linha dos elementos da matriz de discordância = 9,94204*

Soma dos elementos da 3ª linha dos elementos da matriz de discordância = 7,07454

Soma dos elementos da 4ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
13,90236

Soma dos elementos da 5ª linha dos elementos da matriz de discordância = 6,43462

Soma dos elementos da 6ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
16,40413

Soma dos elementos da 7ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
16,88182

Soma dos elementos da 8ª linha dos elementos da matriz de discordância = 6,8483

Soma dos elementos da 9ª linha dos elementos da matriz de discordância = 6,74913

Soma dos elementos da 10ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
5,39397

Soma dos elementos da 11ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
8,31698

Soma dos elementos da 12ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
15,29039

Soma dos elementos da 13ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
17,27293

Soma dos elementos da 14ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
11,51387

Soma dos elementos da 15ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
9,53054

Soma dos elementos da 16ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
7,41477

Soma dos elementos da 17ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
7,02482

Soma dos elementos da 18ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
9,42407

Soma dos elementos da 19ª linha dos elementos da matriz de discordância =  
6,21387

Soma dos elementos da 20ª linha dos elementos da matriz de discordância =



13,45959

Soma dos elementos da 21ª linha dos elementos da matriz de discordância = 15,35607

Soma dos elementos da 22ª linha dos elementos da matriz de discordância = 14,24236

Soma dos elementos da 23ª linha dos elementos da matriz de discordância = 11,8594

Soma dos elementos da 24ª linha dos elementos da matriz de discordância = 9,31313

Logo, a somatória de todos os elementos da matriz de concordâncias = 253,45289

De novo, e tratando-se de matriz quadrada de ordem 24 onde os elementos da diagonal principal não assumem quaisquer valores, tem-se que  $\bar{q} = 253,45289 / [(24 \times 24) - 24] = 0,45915$ .

Acontece que nenhum dos elementos da matriz de discordâncias é igual a esse valor, e o valor imediatamente abaixo é 0,44785. Assume-se então para  $\bar{q}$  o valor de 0,44785.

✓ **6º passo: Construção da Matriz de Dominâncias:**

Pode parecer um pouco trabalhosa de construir, mas procede-se do seguinte modo: para a sua construção tem que se trabalhar em simultâneo com as matrizes de concordâncias, discordâncias, e também com os limiares de preferência  $p$  e de indiferença  $q$ . Depois, tem-se que:

- Dominâncias por Filas (F): A alternativa  $A_h$  domina a alternativa  $A_k$  se e só se (ambas condições têm que se verifica ao mesmo tempo)  $C_{h,k} \geq \bar{p}$  e  $d_{h,k} \leq \bar{q}$ . Então, o que se tem que fazer é, linha a linha (linha 1 da matriz de concordâncias com a linha 1 da matriz de discordâncias, linha 2 da matriz de concordâncias com a linha 2 da matriz de discordâncias e assim sucessivamente até a última linha, que no presente exemplo é a linha 24, verificar quais são os elementos/posições que cumprem em simultâneo aquelas duas condições.

Fazendo isso, e começando pelas linhas 1 das matrizes de concordâncias e discordâncias do presente exemplo tem-se que:

**Dominância por Filas (F)**

**$A_1$  domina por filas  $A_3, A_4, A_{14}, A_{20}, A_{21}$  e  $A_{24}$ .** pois  $C_{1,3} \geq \bar{p}$  e  $d_{1,3} \leq \bar{q}$  e também  $C_{1,4} \geq \bar{p}$  e  $d_{1,4} \leq \bar{q}$  e também  $C_{1,14} \geq \bar{p}$  e  $d_{1,14} \leq \bar{q}$  e também  $C_{1,20} \geq \bar{p}$  e  $d_{1,20} \leq \bar{q}$  e também  $C_{1,21} \geq \bar{p}$  e

$d_{1,21} \leq \bar{q}$  e também  $C_{1,24} \geq \bar{p}$  e  $d_{1,24} \leq \bar{q}$ .

De modo análogo **A<sub>2</sub> domina por filas A<sub>14</sub>** pois  $C_{2,14} \geq \bar{p}$  e  $d_{2,14} \leq \bar{q}$ ; analogamente **A<sub>3</sub> domina por filas A<sub>4</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>4</sub> domina por filas A<sub>20</sub> e A<sub>21</sub>**; **A<sub>5</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>22</sub>, e A<sub>24</sub>**; **A<sub>6</sub> não domina qualquer outra linha**, **A<sub>7</sub> domina A<sub>6</sub> e A<sub>13</sub>**; **A<sub>8</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>22</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>9</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>23</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>10</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>; A<sub>20</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>22</sub>, e A<sub>24</sub>**; **A<sub>11</sub> domina A<sub>4</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>22</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>12</sub> domina A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>13</sub>**; **A<sub>13</sub> domina A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>**; **A<sub>14</sub> não domina qualquer outra linha**; **A<sub>15</sub> domina A<sub>2</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>18</sub>**; **A<sub>16</sub> domina A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>17</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>22</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>18</sub> domina A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>19</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>22</sub>, A<sub>23</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>20</sub> domina A<sub>4</sub>, A<sub>21</sub>**; **A<sub>21</sub> não domina qualquer outra linha**; **A<sub>22</sub> não domina qualquer outra linha**; **A<sub>23</sub> domina A<sub>3</sub>, A<sub>21</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>24</sub> domina A<sub>4</sub>, A<sub>14</sub>, A<sub>21</sub>**;

### Dominância por Colunas (C)

A condição é a mesma, ou seja, A<sub>n</sub> domina a alternativa A<sub>k</sub> se e só se (ambas condições têm que se verifica ao mesmo tempo)  $C_{n,k} \geq p$  e  $d_{n,k} \leq q$ , só que agora faz-se essa análise coluna por coluna. Começa-se então por observar em simultâneo as colunas 1 das matrizes de concordâncias e discordâncias, depois faz-se o mesmo em simultâneo para as colunas 2 dessas duas matrizes, e assim sucessivamente até, no presente caso, a coluna 24 . Procedendo desse modo tem-se que:

**A<sub>1</sub> domina por colunas A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>17</sub>**; **A<sub>2</sub> domina por colunas A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>3</sub> domina por colunas A<sub>1</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>23</sub>**; **A<sub>4</sub> domina por colunas A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>5</sub> domina A<sub>19</sub>**; **A<sub>6</sub> domina A<sub>7</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>, A<sub>15</sub>**; **A<sub>7</sub> domina A<sub>12</sub>, A<sub>13</sub>**; **A<sub>8</sub> domina A<sub>9</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>9</sub> não domina qualquer outra coluna**; **A<sub>10</sub> domina A<sub>8</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>11</sub> domina A<sub>3</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>16</sub>; A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>12</sub> não domina qualquer outra coluna**; **A<sub>13</sub> domina A<sub>7</sub> e A<sub>12</sub>**; **A<sub>14</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>15</sub> domina A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>**; **A<sub>16</sub> domina A<sub>3</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>17</sub> domina A<sub>3</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>18</sub> domina A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>15</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>19</sub> não domina qualquer outra coluna**; **A<sub>20</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>21</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>20</sub>, A<sub>22</sub>, A<sub>23</sub>, A<sub>24</sub>**; **A<sub>22</sub> domina A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>23</sub> domina A<sub>9</sub>, A<sub>19</sub>**; **A<sub>24</sub> domina A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub>, A<sub>16</sub>, A<sub>17</sub>, A<sub>18</sub>, A<sub>19</sub>, A<sub>23</sub>**.

Está-se então em condições de montar as duas primeiras colunas da matriz de dominâncias (correspondentes respetivamente às dominâncias por linhas/filas e por colunas), e a partir delas construir a terceira coluna, que resulta simplesmente de fazer a diferença entre a 1ª coluna e a 2ª coluna.

Construída essa terceira coluna, fica-se em condições de passar ao último passo do método, que corresponde à ordenação/hierarquização das alternativas, da melhor (a que

apresenta o maior valor da diferença entre nº de dominâncias por linhas/filas e nº de dominâncias por colunas), até a pior (a que apresenta o menor valor para essa diferença). É o que se desenvolve então a seguir.

|     | DOMINÂNCIA POR LINHAS/FILAS (F)  | DOMINÂNCIA POR COLUNAS (C)   | DIFERENÇA (F - C) |
|-----|--|--|-------------------|
| A1  | A3, A4, A14, A20, A21, A24 (6)   | A5, A8, A9, A10, A17 (5)   | 1                 |
| A2  | A14 (1)  | A5, A8, A9, A15, A16, A19 (6)  | -5                |
| A3  | A4, A11, A14, A16, A17, A21, A24 (7)   | A1, A8, A9, A19, A23 (5)   | 2                 |
| A4  | A20, A21 (2)   | A1, A3, A5, A8, A9, A10, A11, A16, A17, A19, A20, A24 (12)               | -10               |
| A5  | A1, A2, A4, A14, A20, A21, A22, A24 (8)  | A19 (1)  | 7                 |
| A6  | 0  | A7, A12, A13, A15 (4)  | -4                |
| A7  | A6, A13 (2)  | A12, A13 (2)   | 0                 |
| A8  | A1, A2, A3, A4, A10, A11, A14, A15, A16, A17, A18, A20, A21, A22, A24 (15)         | A9, A19 (2)  | 13                |
| A9  | A1, A2, A3, A4, A8, A11, A14, A15, A16, A18, A21, A23, A24 (13)                    | 0  | 13                |
| A10 | A1, A4, A11, A14, A16, A17, A18, A20, A21, A22, A24 (11)                           | A8, A19 (2)  | 9                 |
| A11 | A4, A14, A17, A21, A22, A24 (6)  | A3, A8, A9, A10, A16, A18, A19 (7)                                       | 1                 |
| A12 | A6, A7, A13 (3)  | 0  | 3                 |
| A13 | A6, A7 (2)   | A7, A12 (2)  | 0                 |
| A14 | 0  | A1, A2, A3, A5, A8, A9, A10, A11, A15, A16, A17, A18, A19, A24 (14)      | -14               |
| A15 | A2, A6, A14, A18 (4)   | A8, A9 (2)   | 2                 |
| A16 | A2, A4, A11, A14, A24 (5)  | A3, A8, A9, A10, A19 (5)   | 0                 |
| A17 | A1, A4, A14, A20, A21, A22, A24 (7)  | A3, A8, A10, A11, A19 (5)  | 2                 |
| A18 | A11, A14, A21, A24 (4)   | A8, A9, A10, A15, A19 (5)  | -1                |
| A19 | A1, A2, A3, A4, A5, A8, A10, A11, A14, A16, A17, A18, A20, A21, A22, A23, A24 (17) | 0  | 17                |
| A20 | A4, A21 (2)  | A1, A4, A5, A8, A10, A17, A19 (7)  | -5                |
| A21 | 0  | A1, A3, A4, A5, A8, A9, A10, A11, A17, A18, A19, A20, A22, A23, A24 (15) | -15               |
| A22 | 0  | A5, A8, A10, A11, A17, A19 (6)   | -6                |
| A23 | A3, A21, A24 (3)   | A9, A19 (2)  | 1                 |
| A24 | A4, A14, A21 (3)   | A1, A3, A5, A8, A9, A10, A11, A16, A17, A18, A19, A23 (12)               | -9                |

Figura 219 – Matriz de dominâncias (Fonte: o pesquisador, 2018)

✓ **7º passo: Ordenação/hierarquização das alternativas**

|                           |     | <b>ORDENAÇÃO/HIERARQUIA</b> |
|---------------------------|-----|-----------------------------|
| Rubens Barrichello (A19)  | A19 | 1º                          |
| Giancarlo Fisichella (A8) | A8  | 2º                          |
| Heikki Kovalainen (A9)    | A9  | 2º                          |
| Jarno Trulli (A10)        | A10 | 4º                          |
| David Coulthard (A5)      | A5  | 5º                          |
| Kimi Raikkonen (A12)      | A12 | 6º                          |
| Anthony Davidson (A3)     | A3  | 7º                          |
| Nick Heidfeld (A15)       | A15 | 7º                          |
| Ralph Schumacher (A17)    | A17 | 7º                          |
| Adrian Sutil (A1)         | A1  | 10º                         |
| Takuma Sato (A23)         | A23 | 10º                         |
| Fernando Alonso (A7)      | A7  | 12º                         |
| Lewis Hamilton (A13)      | A13 | 12º                         |
| Nico Rosberg (A16)        | A16 | 12º                         |
| Jenson Button (A11)       | A11 | 15º                         |
| Robert Kubica (A18)       | A18 | 15º                         |
| Felipe Massa (A6)         | A6  | 17º                         |
| Alexander Wurz (A2)       | A2  | 18º                         |
| Sakon Yamamoto (A20)      | A20 | 18º                         |
| Sebastian Vettel (A22)    | A22 | 20º                         |
| Vitantonio Liuzzi (A24)   | A24 | 21º                         |
| Christian Albers (A4)     | A4  | 22º                         |
| Mark Weber (A14)          | A14 | 23º                         |
| Scott Speed (A21)         | A21 | 24º                         |

Figura 220 – Ordenação/Hierarquização das alternativas (Fonte: o pesquisador, 2018)

Em relação a essa ordenação/hierarquização devem-se referir algumas coisas. Assim, pode-se notar que existem situações de empate entre as alternativas. Existem formas de fazer desempates entre alternativas, no entanto não se vai entrar nesse grau de detalhe.

Dizer também que a ordenação/hierarquização obtida não confere com aquela que é apresentada no artigo e que é a da figura 221. No entanto, em relação a esta última, devem-se fazer notar as seguintes situações: em primeiro lugar que os respectivos cálculos subjacentes para se chegar à dita não são apresentados no artigo. Ademais, essa ordenação/hierarquização no artigo aparece referida de uma forma meio que “extemporânea”, já que a partir de determinada altura do artigo a sistemática seguida para se chegar por fim à ordenação/hierarquização das alternativas teve por fundamentação as metodologias de Borda e de Condorcet, e não tanto as do método ELECTRE II.

| Ordenação electre II     |
|--------------------------|
| 1 - Kimi Raikkonen       |
| 2 - Lewis Hamilton       |
| 3 - Heikki Kovalainen    |
| 4 - Nick Heidfeld        |
| 5 - Giancarlo Fisichella |
| 6 - Robert Kubica        |
| 7 - Rubens Barrichello   |
| 8 - David Coulthard      |
| 9 - Nico Rosberg         |
| 10 - Jarno Trulli        |
| 11 - Fernando Alonso     |
| 12 - Ralf Schumacher     |
| 13 - Felipe Massa        |
| 14 - Anthony Davidson    |
| 15 - Scott Speed         |
| 16 - Alexander Wurz      |
| 17 - Jenson Button       |
| 18 - Mark Webber         |
| 19 - Vitantonio Liuzzi   |
| 20 - Adrian Sutil        |
| 21 - Takuma Sato         |
| 22 - Sebastian Vettel    |
| 23 - Christijan Albers   |
| 24 - Sakon Yamamoto      |

Figura 221 – Ordenação das alternativas pelo ELECTRE II (Fonte: Chaves, M.C. de C., 2010)

A título de curiosidade pode-se comparar essa ordenação com a classificação final dos pilotos no campeonato de Fórmula 1 de 2007, sabendo-se no entanto que, e como já referido, o objetivo de aplicação do ELECTRE II ao presente caso não era o de escolher os melhores pilotos (alternativas), mas sim aqueles que fossem interessantes para as pequenas e médias equipes, em função dos critérios atrás referidos.

| Ordenação oficial        |
|--------------------------|
| 1 - Kimi Raikkonen       |
| 2 - Lewis Hamilton       |
| 3 - Fernando Alonso      |
| 4 - Felipe Massa         |
| 5 - Nick Heidfeld        |
| 6 - Robert Kubica        |
| 7 - Heikki Kovalainen    |
| 8 - Giancarlo Fisichella |
| 9 - Nico Rosberg         |
| 10 - David Coulthard     |
| 11 - Alexander Wurz      |
| 12 - Mark Webber         |
| 13 - Jarno Trulli        |
| 14 - Sebastian Vettel    |
| 15 - Jenson Button       |
| 16 - Ralf Schumacher     |
| 17 - Takuma Sato         |
| 18 - Vitantonio Liuzzi   |
| 19 - Adrian Sutil        |
| 20 - Rubens Barrichello  |
| 21 - Scott Speed         |
| 22 - Anthony Davidson    |
| 23 - Sakon Yamamoto      |
| 24 - Christijan Albers   |

Figura 222 – Ordenação (classificação) oficial final dos pilotos (alternativas) no campeonato de Fórmula 1 de 2007 (Fonte: Chaves, M.C. de C., 2010)

### **3.4.3. O MÉTODO PROMETHEE**

#### **3.4.3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O método método PROMETHEE na realidade é uma “família” constituída pelas várias versões do método, que começou com o PROMETHEE I, evoluiu para o PROMETHEE II, e daí até chegar no PROMETHEE VI, sendo de admitir que se desenvolvam outras versões dessa família.

A sigla PROMETHEE significa na língua inglesa “Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations”, e de acordo com Gomes, Araya e Cargiano (2004), o método foi inicialmente proposto por Brans em 1984.

Segundo Lopes e Figueiredo (2008), a família de métodos PROMETHEE permite estabelecer uma relação de sobreclassificação de valores, superação ou prevalência de alternativas em relação às demais.

Gomes, Araya e Cargiano (2004) fazem notar que esta família de métodos é voltada para trabalhos com problemas onde seja finito o conjunto de alternativas possíveis, e desse modo, para problemas multicriteriais discretos.

O Promethee I procura estabelecer uma pré-ordem inicial entre as alternativas, apresentando uma relação de incomparabilidade entre elas. Já o Promethee II procura estabelecer uma pré-ordem total, e diferentemente do Promethee I não admite essa relação de incomparabilidade.

Pode-se considerar que o Promethee I é mais vocacionado para uma problemática de escolha apenas, enquanto que o Promethee II já é mais indicado para uma problemática não apenas de escolha mas até de ordenação.

Uma das distinções importantes do método Promethee em relação a outros métodos multicriteriais é a de que o Promethee define os vários critérios de escolha segundo 6 tipos de funções diferentes, e dependendo do tipo de função utilizada o decisor deverá então (sempre) definir três tipos de parâmetros, que são: 1 – Limite de Indiferença ( $q$ ); 2 – Limite de preferência ( $p$ ); 3 – Ponto de inflexão da função preferência.

O Promethee III trabalha com limites variáveis, e com isso obtém-se uma ordem por intervalos. O Promethee IV generaliza o Promethee II, porém, com restrições de segmentos.

Na impossibilidade de se estudarem todas as versões do método optou-se por fazer uma revisão um pouco mais detalhada sobre a 2ª versão do mesmo, o PROMETHEE II.

### 3.4.3.2 O PROMETHEE II

#### 3.4.3.2.1 CONCEITOS IMPORTANTES NA APLICAÇÃO DO MÉTODO

Pode-se utilizar a seguinte nomenclatura:

$z_i$  = alternativa  $i$

$z_k$  = alternativa  $k$

$f_j(z_i)$  = desempenho da alternativa  $z_i$  segundo o critério  $j$ ;

$f_j(z_k)$  = desempenho da alternativa  $z_k$  segundo o critério  $j$ ;

$\delta_{ik} = [ f_j(z_i) - f_j(z_k) ]$ ; diferença de desempenhos entre as alternativas  $z_i$  e  $z_k$  segundo o critério  $j$ . Essa diferença de desempenhos conduz então a  $P_j(\delta_{ik})$ , que se lê da seguinte forma: é a função de preferência, para o critério  $j$ , e entre as alternativas  $z_i$  e  $z_k$ , em função da diferença dos respectivos desempenhos, segundo esse critério.

Após se determinar o comportamento/desempenho entre duas alternativas genéricas em relação a cada um dos critérios, torna-se necessário calcular o índice de preferência ( $s_{ik}$ ) para a alternativa genérica  $z_i$ , quando comparada com a alternativa genérica  $z_k$ , aplicando as expressões a seguir:  $s_{ik} = \sum_j w_j * P_j(z_i, z_k) / (\sum_j w_j) = \sum_j w_j * P_j(\delta_{ik}) / (\sum_j w_j)$

Ou seja, o índice de preferência  $s_{ik}$  para a alternativa  $z_i$ , quando comparada à alternativa  $z_k$  resulta de fazer a somatória dos produtos das preferências entre as duas alternativas segundo cada um dos critérios, pelo peso desse critério, e para todos os critérios, e depois dividir o resultado pela soma dos pesos dos critérios todos.

Após a determinação do índice de preferência  $s_{ik}$  da alternativa  $z_i$  sobre/em relação à alternativa  $z_k$ , e para todos os critérios, haverá que calcular para cada alternativa os fluxos de superação positivos ( $\emptyset_i^+$ ) e negativos ( $\emptyset_i^-$ ), de acordo com as expressões que se seguem:  $\emptyset_i^+ = \sum_k s_{ik}$ , e  $\emptyset_i^- = \sum_k s_{ki}$

Depois, calculam-se os fluxos líquidos, que resultam de fazer a subtração, para cada alternativa:  $\emptyset_i^{\text{liquido}} = \emptyset_i^+ - \emptyset_i^-$

#### 3.4.3.2.2 PASSOS DO MÉTODO PROMETHEE II

- ✓ Passo 1: Definir a matriz de decisão ( $m$  alternativas e  $n$  critérios);
- ✓ Passo 2: Definir os pesos  $w_j$  relativos a cada um dos critérios  $j$  ( $j=1, \dots, n$ );
- ✓ Passo 3: Definir o tipo de função a ser utilizada (estabelecimento de um modelo de função de preferência para cada critério  $j$ )

**Importante:** Em toda a literatura, encontram-se 6 tipos de funções possíveis na aplicação do método. Assim, tem-se:

**Função Tipo I** – não requiere a definição de limiar de preferência ( $p_i$ ) ou indiferença ( $q_i$ )

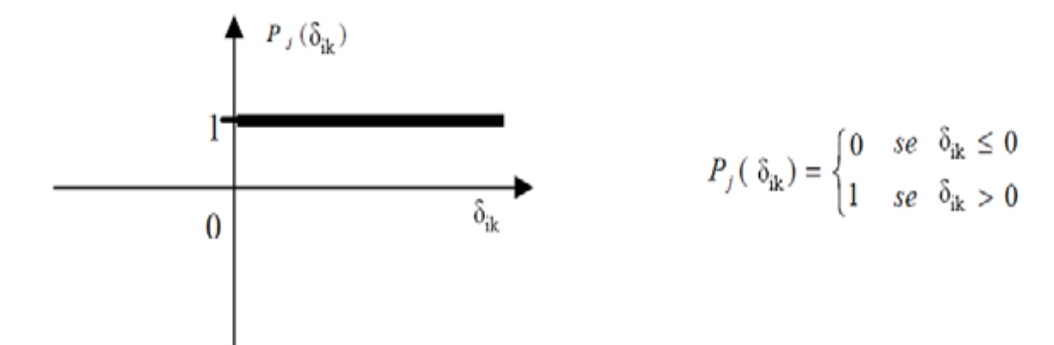


Figura 223 – Função de preferência do tipo I (Fonte: adaptado de SILVERIO; FERREIRA; RANGEL, 2007)

**Função Tipo II** – requiere a definição do limiar de indiferença ( $q_i$ )

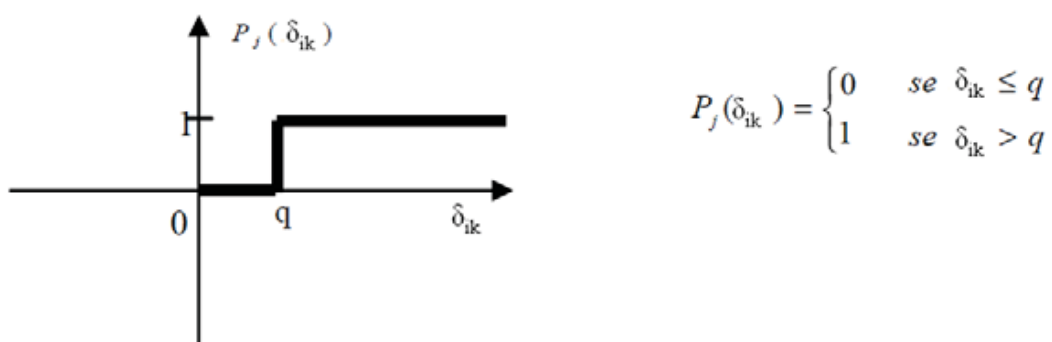


Figura 224 – Função de preferência do tipo II (Fonte: adaptado de SILVERIO; FERREIRA; RANGEL, 2007)

**Função Tipo III** – requiere a definição do limiar de preferência ( $p_i$ )

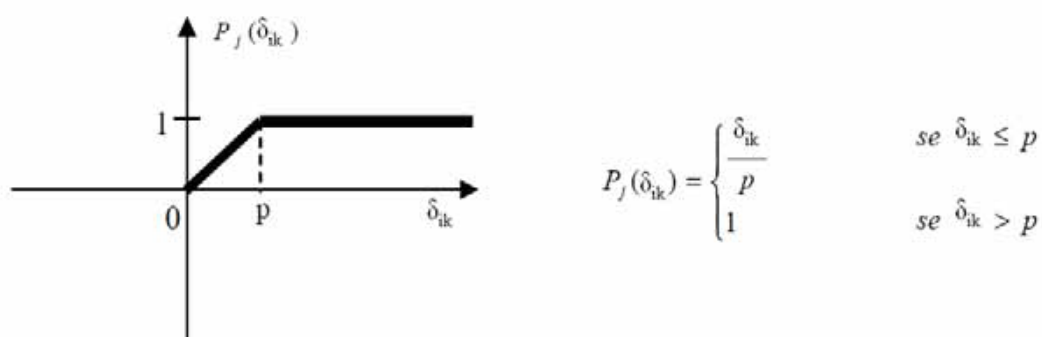


Figura 225 – Função de preferência do tipo III (Fonte: adaptado de SILVERIO; FERREIRA; RANGEL, 2007)



**Função Tipo IV** – requer a definição dos limiares de indiferença (qi) de preferência (pi)

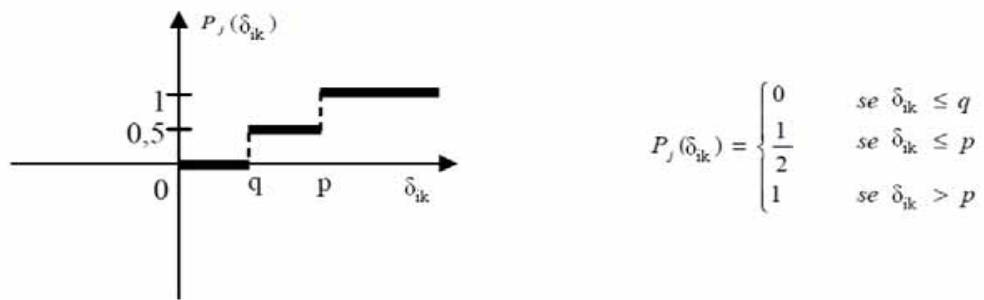


Figura 226 – Função de preferência do tipo IV (Fonte: adaptado de SILVERIO; FERREIRA; RANGEL, 2007)

**Função Tipo V** – requer a definição dos limiares de indiferença (qi) de preferência (pi)

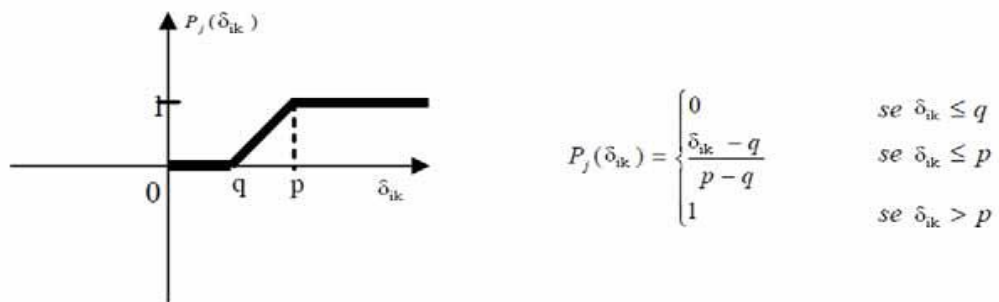


Figura 227 – Função de preferência do tipo V (Fonte: adaptado de SILVERIO; FERREIRA; RANGEL, 2007)

**Função Tipo VI** – requer a definição de  $\sigma$

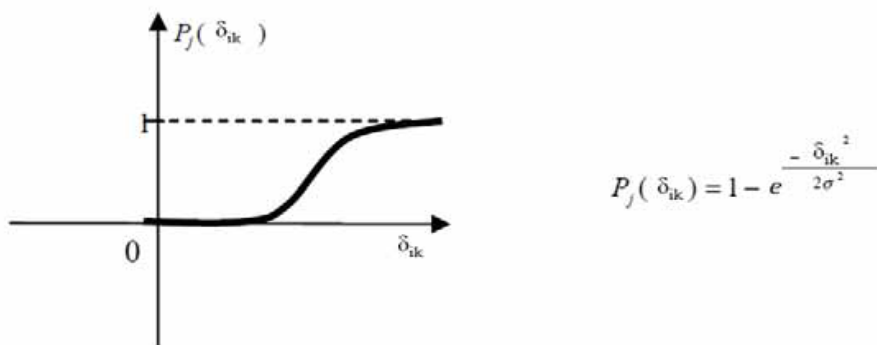


Figura 228 – Função de preferência do tipo VI (Fonte: adaptado de SILVERIO; FERREIRA; RANGEL, 2007)

- ✓ Passo 4: Construção da matriz dos índices de preferência
- ✓ Passo 5: Cálculo dos fluxos de superação positivos ( $\emptyset_i^+$ ) e negativos ( $\emptyset_i^-$ ), para cada uma das alternativas;
- ✓ Passo 6: Cálculo dos fluxos de superação líquidos para cada alternativa.

### 3.4.3.2.3 EXEMPLO PRÁTICO DIDÁTICO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE II

Suponha-se que uma empresa multinacional pretende instalar uma nova usina de geração de energia elétrica na Europa. Para isso realiza diferentes estudos e prospeções, que lhe permitem conhecer as características de cada uma das possíveis localizações. Alguém recebe a tarefa de decidir qual é a melhor localização para essa usina utilizando os dados obtidos pela companhia, e decide fazê-lo aplicando o método PROMETHEE II.

#### Dados iniciais do problema

- Alternativas: Espanha (A1); Bélgica (A2); Alemanha (A3); Reino Unido – UK (A4); Portugal (A5); França (A6)

- Critérios:

**C1 – Mão de obra**; trata-se de um critério cujo objetivo é minimizar, e do tipo II (função de preferência do tipo II, muitas vezes designada de função do tipo “U”), com um limiar de indiferença,  $q_i = 10$ .

**C2 – Potência da central** (megawatts); trata-se de um critério a maximizar, e do tipo III (função de preferência do tipo III, muitas vezes designada de função do tipo “V”), com um limiar de preferência,  $p_i = 30$ .

**C3 – Custos de construção da central elétrica** (milhares de milhões de \$USD); trata-se de um critério a minimizar, e do tipo V (função de preferência do tipo V, muitas vezes designada de função do tipo “V” com indiferença), com um limiar de indiferença,  $q_i = 50$ , e um limiar de preferência,  $p_i = 500$ .

**C4 – Custos anuais de manutenção da central** (milhares de milhões de \$USD); trata-se de um critério a minimizar, e do tipo IV (função de preferência do tipo IV, muitas vezes designada de função do tipo “escada”), com um limiar de indiferença  $q_i = 10$ , e um limiar de preferência,  $p_i = 60$ .

**C5 – Número de povoados a evacuar**; trata-se de um critério a minimizar, e do tipo I (função de preferência do tipo I), que não requer definição de limiar de indiferença ou de preferência.

**C6 – Nível de segurança da central**; trata-se de um critério a maximizar, e do tipo VI (função de preferência do tipo VI, muitas vezes designada de função do tipo “gaussiana”), com  $s_i \sim \sigma = 5$ .

A figura 229 resume os dados de partida (iniciais) do presente exemplo prático.

|              | C1            | C2                                       | C3  | C4   | C5                          | C6                            |
|--------------|---------------|--|---|--|-----------------------------|-------------------------------|
| CRITÉRIOS    | MÃO DE OBRA   | POTÊNCIA ELÉTRICA DA CENTRAL (megawatts) | CUSTOS DE CONSTRUÇÃO (mil milhões de \$usd) | CUSTOS ANUAIS DE MANUTENÇÃO (mil milhões de \$usd) | NÚMERO DE PESSOAS A EVACUAR | NÍVEL DE SEGURANÇA DA CENTRAL |
| PREFERÊNCIA  | MINIMIZAR     | MAXIMIZAR                                | MINIMIZAR                                   | MINIMIZAR  | MINIMIZAR                   | MAXIMIZAR                     |
| TIPO         | II (tipo "U") | III (tipo "V")                           | (tipo "V" com indiferença)                  | IV (tipo "escada")                                 | I                           | VI (tipo "gaussiana")         |
| PARÂMETROS   | q = 10        | p = 30                                   | q = 50 ; p = 500                            | q = 10 ; p = 60                                    | -                           | s = 5                         |
| ALTERNATIVAS |               |  |   |  |                             |                               |
| ESPANHA      | 80            | 90                                       | 600   | 54   | 8                           | 5                             |
| BÉLGICA      | 65            | 58                                       | 200   | 97   | 1                           | 1                             |
| ALEMANHA     | 83            | 60                                       | 400   | 72   | 4                           | 7                             |
| UK           | 40            | 80                                       | 1000  | 75   | 7                           | 10                            |
| PORTUGAL     | 52            | 72                                       | 600   | 20   | 3                           | 8                             |
| FRANÇA       | 94            | 96                                       | 700   | 36   | 5                           | 6                             |

Figura 229 – Exemplo prático de aplicação do método PROMETHEE II – Dados iniciais do problema (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Nota:** Dizer que existem outras nomenclaturas que se usam para designar os vários tipos de critérios/vários tipos de funções de preferência. Assim, também se usam as designações que constam a seguir.

Critério/Função de preferência do tipo I = Critério ou função "Usual";

Critério/Função de preferência do tipo II = "Quase critério";

Critério/Função de preferência do tipo III = "Critério com preferência linear";

Critério/Função de preferência do tipo IV = "Critério de nível";

Critério/Função de preferência do tipo V = "Critério/Preferência linear com indiferença";

Critério/Função de preferência do tipo VI = "Critério Gaussiano";

Conhecidos os vários tipos de critérios do problema calcula-se então os **índices de sobreclassificação ou índices de preferência** das alternativas genéricas  $a_i$  sobre as alternativas genéricas  $a_k$ , do seguinte modo: a **preferência da alternativa  $a_i$  em relação à alternativa  $a_k$  no que se refere ao conjunto de todos os critérios  $j$** , é igual a:

$\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ ; neste somatório só entram os valores para os quais a alternativa  $a_i$  supera a alternativa  $a_k$ . O  $d_{i,k}$  representa a diferença de valores entre as alternativas  $a_i$  e  $a_k$  para o critério  $j$  genérico (apenas caso  $a_i$  se sobreponha/sobreclassifique/seja "melhor" que  $a_k$ ).

Calculados os índices de preferência todos está-se em condições de construir a **matriz de índices de preferência**.

Comece-se então, no presente exemplo prático, por determinar o **índice de**

### **sobreclassificação/preferência da alternativa Espanha em relação à alternativa Bélgica:**

Só entram então os valores da expressão de cima (3 parágrafos acima) para os quais a alternativa Espanha supera/é melhor que a alternativa Bélgica. **Comece-se por fazer essa análise segundo o critério C1 (j=1):**

Este critério não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C1 (mão de obra) a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Bélgica, posto que se trata de um critério a minimizar, e no caso da instalação da central em Espanha a mão de obra (80) é maior que na situação da central ser instalada na Bélgica (65);

#### **Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:**

Aqui sim, a alternativa Espanha é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em Espanha (90) é maior do que caso seja instalada na Bélgica (58); no caso, a diferença de valores entre as duas alternativas e para este critério é 32 (90 – 58), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , sendo  $32 > 30 \Rightarrow S_j(a_{i,k}) = S_j(d_{i,k}) = S_j(32) = 1$ ; logo,  $S_2(d_{i,k}) = 1$ ;

#### **Critério C3 (j=3) - Custos de construção:**

Uma vez mais este critério não entra, pois pelo critério C3 (custos de construção) a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Bélgica, posto que é um critério a minimizar, e o valor dos custos de construção para Espanha (600) é maior que o valor dos custos de construção para a alternativa Bélgica (200);

#### **Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:**

Aqui sim, de novo a alternativa Espanha é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Espanha (54) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para Bélgica (97); no caso, a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 43 (97 – 54), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 43 \leq 60 \Rightarrow S_j(a_{i,k}) = S_j(d_{i,k}) = S_j(32) = 1/2$ ; logo,  $S_4(d_{i,k}) = 1/2 (=0,5)$ ;

#### **Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:**

Uma vez mais este critério não entra, pois pelo critério C5 (número de povoações a evacuar) a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Bélgica, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa Espanha (8) é

maior que o da alternativa Bélgica (1);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:**

Aqui sim, de novo a alternativa Espanha volta a ser melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Espanha (5) é maior do que o correspondente para a alternativa Bélgica (1); no caso, a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 4 (5 – 1), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(4^2)/(2 * 5^2)} = 1 - 0,72615 = 0,27385$ ; simplificando para duas casas decimais  $= 0,27 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,27$ ;

**Importante:** Fazer aqui uma nota para referir que **todos os critérios do problema têm o mesmo peso uns que os outros**  $\Rightarrow$  como a somatória dos pesos dos critérios tem que ser = 1 e são 6 critérios  $\Rightarrow$  **peso de cada critério = 1/6**.

Então, finalmente, para se calcular o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Bélgica aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ ; para a expressão só vão entrar os critérios em que a alternativa Espanha é melhor/sobreclassifica a alternativa Bélgica, que são os critérios 2, 4, e 6.

Assim sendo, e para o presente exemplo prático, para calcular o índice de preferência da alternativa Espanha sobre a alternativa Bélgica vem:

$\Pi(\text{Espanha, Bélgica}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 0,27 = 0,295$ ; levando em consideração que se pode aproveitar uma boa parte das informações usadas até o momento para calcular o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Bélgica para calcular também o inverso, ou seja, o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa Espanha, pode-se então proceder a tal cálculo a seguir.

Até aqui foi possível observar que a alternativa Espanha era melhor/sobreclassificava a alternativa Bélgica para os critérios 2, 4 e 6, e portanto, inversamente, a alternativa Bélgica deverá ser melhor/sobreclassificar a alternativa Espanha nos critérios 1, 3 e 5. Ou seja, para se calcular o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa Espanha apenas estes três últimos critérios interessarão.

**Índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa Espanha**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** neste critério a alternativa Bélgica é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada na

Bélgica é menor (65) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Espanha (80); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 15 (80 – 65), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . Logo, e como  $15 > 10 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ , ou seja,  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica é menor em 400 em relação ao valor da alternativa Espanha. Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . A diferença entre os valores das duas alternativas, para este critério, está, em módulo, compreendida entre os valores de  $q$  e  $p$ , donde,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (400 - 50) / (500 - 50) = 350/450 = 0,778$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,778$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica é menor em 7 em relação ao valor da alternativa Espanha. Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

Então, finalmente, para se calcular o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa Espanha aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ ; para a expressão só vão entrar os critérios em que a alternativa Bélgica é melhor/sobreclassifica a alternativa Espanha, que são os critérios 1, 3, e 5.

Assim sendo, e para o presente exemplo prático, para calcular o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre a alternativa Espanha vem:

$$\Pi(\text{Bélgica}, \text{Espanha}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,778 + (1/6) * 1 = 0,463$$

**Observação:** os elementos da diagonal principal da matriz de índices de preferência são todos iguais a 0 (zero), pois o índice de preferência de uma alternativa sobre si mesma dá sempre 0 (zero).

Raciocínios análogos podem ser efetuados para calcular os restantes elementos da **matriz de índices de preferência**; assim, e começando por calcular os índices de preferência da alternativa Espanha sobre as restantes alternativas vem:

**Índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Alemanha**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** neste critério a alternativa Espanha é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa Alemanha, pois trata-se de um

critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada na Espanha é menor (80) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Alemanha (83); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 3 (83 – 80), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $< q$ , pelo que,  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 0$ ;  $S_1 (d_{i,k}) = 0$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa Espanha é de novo melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em Espanha (90) é maior do que caso seja instalada na Alemanha (60); no caso, a diferença de valores entre as duas alternativas e para este critério é 30 (90 – 60), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = |30| / 30 = 1$ ;  $S_2 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C3 (j=3) - Custos de construção:** este critério não entra, pois pelo critério C3 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Alemanha, posto que é um critério a minimizar, e o valor dos custos de construção para Espanha (600) é maior que o valor dos custos de construção para a alternativa Alemanha (400);

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** de novo a alternativa Espanha é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Espanha (54) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para Alemanha (72); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 18 (72 – 54), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 18 \leq 60 \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4 (d_{i,k}) = 1/2 (=0,5)$ ;

**Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:** este critério não entra, pois pelo critério C5 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Alemanha, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa Espanha (8) é maior que o da alternativa Alemanha (4);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** este critério não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Alemanha, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Espanha (5) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa Alemanha (7);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Alemanha aplica-se a fórmula:  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (\text{Espanha}, \text{Alemanha}) = (1/6) * 0 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,5 = 0,25$

### **Índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa UK**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** este critério não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C1 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa UK, posto que se trata de um critério a minimizar, e no caso da instalação da central em Espanha a mão de obra (80) é maior que na situação da central ser instalada no UK (40);

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa Espanha é melhor que a alternativa UK, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em Espanha (90) é maior do que caso seja instalada no UK (80); a diferença de valores entre as duas alternativas e para este critério é 10 (90 – 80), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), sendo o valor da diferença entre as duas alternativas, em módulo,  $< p$ , vem que  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = 10/30 = 0,333$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,333$ ;

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Espanha (600) é menor em 400 em relação ao valor da alternativa UK (1000). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . A diferença entre os valores das duas alternativas, para este critério, está, em módulo, compreendida entre os valores de  $q$  e  $p$ , donde,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (400 - 50) / (500 - 50) = 350/450 = 0,778$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,778$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** de novo a alternativa Espanha é melhor que a alternativa UK, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Espanha (54) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para o UK (75); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 21 (75 – 54), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 21 \leq 60 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 1/2 (=0,5)$ ;

**Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:** este critério não entra, pois pelo critério C5 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa UK, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa Espanha (8) é maior que o da alternativa UK (7);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** este critério não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa UK, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Espanha (5) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa UK (10);



Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa UK aplica-se a fórmula:  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (Espanha, UK) = (1/6) * 0,333 + (1/6) * 0,778 + (1/6) * 0,5 = 0,269$

### **Índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Portugal**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** este critério não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C1 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que se trata de um critério a minimizar, e no caso da instalação da central em Espanha a mão de obra (80) é maior que na situação da central ser instalada em Portugal (52);

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa Espanha é de novo melhor que a alternativa Portugal, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em Espanha (90) é maior do que caso seja instalada em Portugal (72); a diferença de valores entre as duas alternativas e para este critério é 18 (90 – 72), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $| x_i | \leq p \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = | x_i | / p = | 18 | / 30 = 0,6$ ;  $S_2 (d_{i,k}) = 0,6$ ;

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** as duas alternativas são absolutamente equivalentes uma à outra, segundo este critério  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 0$ ;  $S_3 (d_{i,k}) = 0$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** este critério não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para Espanha (54) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa Portugal (20);

**Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:** este critério não entra, pois pelo critério C5 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa Espanha (8) é maior que o da alternativa Portugal (3);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** este critério não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Espanha (5) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa Portugal (8);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Portugal aplica-se a fórmula:  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (Espanha, Portugal) = (1/6) * 0,6 = 0,1$ ;

## **Índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa França**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** neste critério a alternativa Espanha é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa França, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada na Espanha é menor (80) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada em França (94); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 14 (94 – 80), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1; S_1(d_{i,k}) = 1;$

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** este critério não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C2 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa França, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central em Espanha a potência elétrica (90) é menor que na situação da central ser instalada em França (96);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Espanha (600) é menor em 100 em relação ao valor da alternativa França (700). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . A diferença entre os valores das duas alternativas, para este critério, está, em módulo, compreendida entre os valores de  $q$  e  $p$ , donde,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (100 - 50) / (500 - 50) = 50/450 = 0,111; S_3(d_{i,k}) = 0,111;$

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** este critério não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para Espanha (54) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa França (36);

**Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:** este critério não entra, pois pelo critério C5 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa Espanha (8) é maior que o da alternativa França (5);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** este critério não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Espanha não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Espanha (5) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa França (6);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em

relação à alternativa França aplica-se a fórmula:  $\Pi ( \mathbf{a}_i , \mathbf{a}_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi ( \mathbf{Espanha}, \mathbf{França} ) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,111 = 0,185$ ;

Como até aqui já se calcularam os índices de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação a todas as outras alternativas, pode-se aproveitar uma boa parte dessa informação para calcular (à exceção da alternativa Bélgica, para a qual isso já se fez) os índices de preferência das outras alternativas em relação à alternativa Espanha. Assim, tem-se:

### **Índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa Espanha**

Em função do que se calculou anteriormente para o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Alemanha, agora para este índice só vão contar os critérios 3, 5 e 6.

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Alemanha é menor em 200 em relação ao valor da alternativa Espanha. Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . A diferença entre os valores das duas alternativas, para este critério, está, em módulo, compreendida entre os valores de  $q$  e  $p$ , donde,  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = (200 - 50) / (500 - 50) = 150/450 = 0,333$ ;  $S_3 (d_{i,k}) = 0,333$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Alemanha é menor em 4 em relação ao valor da alternativa Espanha. Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1 = > S_5 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** de novo a alternativa Alemanha volta a ser melhor que a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Alemanha (7) é maior do que o correspondente para a alternativa Espanha (5); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 2 (7 - 5), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $= > S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1 - e^{-(2^2)/(2 * 5^2)} = 0,077 = > S_6 (d_{i,k}) = 0,077$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa Espanha aplica-se a fórmula:  $\Pi ( \mathbf{a}_i , \mathbf{a}_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi ( \mathbf{Alemanha}, \mathbf{Espanha} ) = (1/6) * 0,333 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,077$

= 0,235;

### Índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Espanha

Em função do índice de preferência “inverso” (da alternativa Espanha em relação à alternativa UK), que já se determinou anteriormente, agora, aqui para este índice, só entrarão os critérios 1, 5 e 6.

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** neste critério a alternativa UK é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada no UK é menor (40) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Espanha (80); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 40 (80 – 40), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa UK é menor em 1 em relação ao valor da alternativa Espanha. Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** de novo a alternativa UK volta a ser melhor que a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa UK (10) é maior do que o correspondente para a alternativa Espanha (5); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 5 (10 – 5), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(5^2)/(2 * 5^2)} = 0,393 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,393$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Espanha aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{UK}, \text{Espanha}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,393 = 0,399$ ;

### Índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa Espanha

Em função do que se calculou anteriormente para o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa Portugal, agora para este índice só vão contar os critérios 1, 4, 5 e 6. Quanto ao critério 3, as duas alternativas são perfeitamente

equivalentes uma à outra, pelo que  $S_3 (d_{i,k}) = 0$ .

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** neste critério a alternativa Portugal é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada em Portugal é menor (52) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Espanha (80); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 28 (80 – 52), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** de novo a alternativa Portugal é melhor que a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Portugal (20) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para a alternativa Espanha (54); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 34 (54 – 20), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 34 \leq 60 \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4 (d_{i,k}) = 1/2 (=0,5)$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Portugal é menor em 5 em relação ao valor da alternativa Espanha. Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** de novo a alternativa Portugal volta a ser melhor que a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Portugal (8) é maior do que o correspondente para a alternativa Espanha (5); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 3 (8 – 5), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1 - e^{-(3^2)/(2 * 5^2)} = 0,165 \Rightarrow S_6 (d_{i,k}) = 0,165$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa Espanha aplica-se a fórmula:  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (\text{Portugal, Espanha}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,165 = 0,444$ ;

**Índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Espanha**

Em função do que se calculou anteriormente para o índice de preferência da alternativa Espanha sobre/em relação à alternativa França, agora para este índice só vão contar os critérios 2, 4, 5 e 6.

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa França é melhor que a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em França (96) é maior do que caso seja instalada na Espanha (90); a diferença de valores entre as duas alternativas e para este critério é 6 (96 – 90), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , sendo  $6 < 30 \Rightarrow S_j(a_{i,k}) = S_j(d_{i,k}) = S_j(6) = |x_i| / p = |6| / 30 = 0,2$ ; logo,  $S_2(d_{i,k}) = 0,2$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa França é melhor que a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para França (36) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para Espanha (54); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 18 (54 – 36), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 18 \leq 60 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 1/2 (=0,5)$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa França é menor em 3 em relação ao valor da alternativa Espanha. Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** de novo a alternativa França volta a ser melhor que a alternativa Espanha, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa França (6) é maior do que o correspondente para a alternativa Espanha (5); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 1 (6 – 5), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(1^2)/(2 * 5^2)} = 0,020 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,020$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Espanha aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{França, Espanha}) = (1/6) * 0,2 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,020 = 0,287$ ;

**Índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa Alemanha**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** neste critério a alternativa Bélgica é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada na Bélgica é menor (65) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Alemanha (83); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 18 (83 – 65), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** este critério não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C2 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa Alemanha, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central na Bélgica a potência elétrica (58) é menor que na situação da central ser instalada na Alemanha (60);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica (200) é menor em 200 em relação ao valor da alternativa Alemanha (400). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . A diferença entre os valores das duas alternativas, para este critério, está, em módulo, compreendida entre os valores de  $q$  e  $p$ , donde,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (200 - 50) / (500 - 50) = 150/450 = 0,333$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,333$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** este critério não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa Alemanha, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para a Bélgica (97) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa Alemanha (72);

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica (1) é menor em 3 em relação ao valor da alternativa Alemanha (4). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 = > S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** este critério não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa Alemanha, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Bélgica (1) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa Alemanha (7);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa Alemanha aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$

$d_{i,k}$ ), que neste caso vem  $\Pi$  (Bélgica, Alemanha) =  $(1/6) * 1 + (1/6) * 0,333 + (1/6) * 1 = 0,389$ ;

### Índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa UK

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** Este critério não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C1 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa UK, posto que se trata de um critério a minimizar, e no caso da instalação da central na Bélgica a mão de obra (65) é maior que na situação da central ser instalada no UK (40);

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** este critério não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C2 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa UK, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central na Bélgica a potência elétrica (58) é menor que na situação da central ser instalada no UK (80);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica(200) é menor em 800 em relação ao valor da alternativa UK (1000). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, para este critério, é em módulo  $> p$ ,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** este critério não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa UK, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para a Bélgica (97) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa UK (75);

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica (1) é menor em 6 em relação ao valor da alternativa UK (7). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** este critério não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa UK, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Bélgica (1) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa UK (10);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa UK aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ ,



que neste caso vem  $\Pi$  (Bélgica, UK) =  $(1/6) * 1 + (1/6) * 1 = 0,333$ ;

### **Índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa Portugal**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C1 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa Portugal, posto que se trata de um critério a minimizar, e no caso da instalação da central na Bélgica a mão de obra (65) é maior que na situação da central ser instalada em Portugal (52);

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C2 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa Portugal, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central na Bélgica a potência elétrica (58) é menor que na situação da central ser instalada em Portugal (72);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica (200) é menor em 400 em relação ao valor da alternativa Portugal (600). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . A diferença entre os valores das duas alternativas, para este critério, está, em módulo, compreendida entre os valores de  $q$  e  $p$ , donde,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (400 - 50) / (500 - 50) = 350/450 = 0,333$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,778$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para a Bélgica (97) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa Portugal (20);

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica (1) é menor em 2 em relação ao valor da alternativa Portugal (3). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 = > S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Bélgica (1) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa Portugal (8);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em

relação à alternativa Portugal aplica-se a fórmula:  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (Bélgica, Portugal) = (1/6) * 0,778 + (1/6) * 1 = 0,296$ ;

### **Índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa França**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** neste critério a alternativa Bélgica é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa França, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada na Bélgica é menor (65) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada em França (94); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 29 (80 – 52), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C2 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa França, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central na Bélgica a potência elétrica (58) é menor que na situação da central ser instalada em França (96);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica (200) é menor em 500 em relação ao valor da alternativa França. Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, está justamente no limite superior da zona compreendida entre  $q$  e  $p$ , ainda se pode aplicar a expressão  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = (|x_i| - q) / (p - q) = 450/450 = 1$ ;  $S_3 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para a Bélgica (97) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa França (36);

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Bélgica (1) é menor em 4 em relação ao valor da alternativa França (5). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limites  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** não entra, pois pelo critério C6 a

alternativa Bélgica não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Bélgica (1) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa França (6);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Bélgica sobre/em relação à alternativa França aplica-se a fórmula:  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (Bélgica, França) = (1/6) * 1 + (1/6) * 1 + (1/6) * 1 = 0,5$ ;

Como já se calcularam os índices de preferência da alternativa Bélgica sobre todas as outras alternativas (para além da Espanha, que já havia sido determinada), pode-se aproveitar uma boa parte dessa informação para calcular o inverso, ou seja, os índices de preferência das outras alternativas (exceptuando Espanha, para a qual isso já se fez), sobre a alternativa Bélgica.

### **Índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa Bélgica**

Em função do que atrás se determinou quando do cálculo do índice de preferência da alternativa Bélgica sobre a alternativa Alemanha, só vão entrar agora os critérios 2, 4 e 6.

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa Alemanha é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada na Alemanha (60) é maior do que caso seja instalada na Bélgica (58); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 2 (60 – 58), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $| x_i | \leq p = > S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = | x_i | / p = | 2 | / 30 = 0,067$ ;  $S_2 (d_{i,k}) = 0,067$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa Alemanha é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para a Alemanha (72) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para a Bélgica (97); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 25 (97 – 72), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 25 \leq 60 = > S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4 (d_{i,k}) = 1/2 (=0,5)$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** a alternativa Alemanha é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Alemanha (7) é maior do que o correspondente para a alternativa Bélgica (1); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este

critério, é 6 (7 – 1), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(6^2)/(2 * 5^2)} = 0,513 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,513$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa Bélgica aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{Alemanha, Bélgica}) = (1/6) * 0,067 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 0,513 = 0,18$ ;

### **Índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Bélgica**

Vão entrar os critérios 1, 2, 4 e 6

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa UK é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada no UK é menor (40) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Bélgica (65); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 25 (65 – 40), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa UK é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada no UK (80) é maior do que caso seja instalada na Bélgica (58); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 22 (80 – 58), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = |22| / 30 = 0,733$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,733$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa UK é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para o UK (75) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para a Bélgica (97); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 22 (97 – 75), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 22 \leq 60 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 1/2 (=0,5)$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** de novo a alternativa UK é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa UK (10) é maior do que o correspondente para a alternativa Bélgica (1); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 9 (10 – 1), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo

“gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(9^2)/(2 * 5^2)} = 0,802 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,802$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Bélgica aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{UK, Bélgica}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,733 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 0,802 = 0,506$ ;

### **Índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa Bélgica**

Vão entrar os critérios 1, 2, 4 e 6.

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa Portugal é melhor/sobreclassifica/tem preferência sobre a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada em Portugal é menor (52) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Bélgica (65); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 13 (65 – 52), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** Portugal é de novo melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em Portugal (72) é maior do que caso seja instalada na Bélgica (58); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 14 (72 – 58), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = |14| / 30 = 0,467$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,467$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa Portugal é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Portugal (20) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para a Bélgica (97); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 77 (97 – 20), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $77 > 60 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** de novo a alternativa Portugal volta a ser melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Portugal (8) é maior do que o correspondente para a alternativa Bélgica (1); a diferença de valores entre as duas

alternativas, em módulo, e para este critério, é 7 (8 – 1), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1 - e^{-(7^2)/(2 * 5^2)} = 0,625 \Rightarrow S_6 (d_{i,k}) = 0,625$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa Bélgica aplica-se a fórmula:  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (\text{Portugal, Bélgica}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,467 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,625 = 0,515$ ;

### **Índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Bélgica**

Vão entrar os critérios 2, 4 e 6.

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa França é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em França (96) é maior do que caso seja instalada na Bélgica (58); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 38 (96 – 58), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e sendo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo,  $> p \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1$ ;  $S_2 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** França é melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para França (36) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para a Bélgica (97); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 61 (97 – 36), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $61 > 60 \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1$ ;  $S_4 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** de novo França volta a ser melhor que a alternativa Bélgica, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa França (6) é maior do que o correspondente para a alternativa Bélgica (1); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 5 (6 – 1), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1 - e^{-(5^2)/(2 * 5^2)} = 0,393 \Rightarrow S_6 (d_{i,k}) = 0,393$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Bélgica aplica-se a fórmula:  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (\text{França, Bélgica}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,393 = 0,399$ ;

### **Índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa UK**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** não entra para o cálculo do presente índice de preferência, pois pelo critério C1 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa UK, posto que se trata de um critério a minimizar, e no caso da instalação da central na Alemanha a mão de obra (83) é maior que na situação da central ser instalada no UK (40);

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** não entra, pois pelo critério C2 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa UK, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central na Alemanha a potência elétrica (60) é menor que na situação da central ser instalada no UK (80);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Alemanha (400) é menor em 600 em relação ao valor da alternativa UK (1000). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, é  $> p = > S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa Alemanha é melhor que a alternativa UK, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para a Alemanha (72) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para o UK (75); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 3 (75 – 72), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $3 < 10 = > S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 0$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 0$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Alemanha (4) é menor em 3 em relação ao valor da alternativa UK (7). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 = > S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa UK, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Alemanha (7) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa UK (10);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa UK aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{Alemanha, UK}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0 + (1/6) * 1 = 0,333$ ;

**Índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa Portugal**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** não entra, pois pelo critério C1 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que se trata de um critério a minimizar, e no caso da instalação da central na Alemanha a mão de obra (83) é maior que na situação da central ser instalada em Portugal (52);

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** não entra, pois pelo critério C2 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central na Alemanha a potência elétrica (60) é menor que na situação da central ser instalada em Portugal (72);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Alemanha (400) é menor em 200 em relação ao valor da alternativa Portugal (600). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, está compreendido entre  $q$  e  $p$ , aplica-se a expressão  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = (|x_i| - q) / (p - q) = 150/450 = 0,333$ ;  $S_3 (d_{i,k}) = 0,333$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para a Alemanha (72) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa Portugal (20);

**Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:** não entra, pois pelo critério C5 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa Alemanha (4) é maior que o da alternativa Portugal (3);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** não entra, pois pelo critério C6 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a maximizar, e o nível de segurança da central para a alternativa Alemanha (7) é menor que o nível de segurança da central para a alternativa Portugal (8);

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa Portugal aplica-se a fórmula:  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (Alemanha, Portugal) = (1/6) * 0,333 = 0,056$ ;

### **Índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa França**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa Alemanha é melhor / sobreclassifica / tem preferência sobre a alternativa França, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada na Alemanha é menor (83) que



o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada em França (94); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 11 (94 – 83), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** não entra, pois pelo critério C2 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa França, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central na Alemanha a potência elétrica (60) é menor que na situação da central ser instalada em França (96);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Alemanha (400) é menor em 300 em relação ao valor da alternativa França (700). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, está compreendido entre  $q$  e  $p$ , aplica-se a expressão  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (|x_i| - q) / (p - q) = 250/450 = 0,556$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,556$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** não entra, pois pelo critério C4 a alternativa Alemanha não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para a Alemanha (72) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa França (36);

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Alemanha (4) é menor em 1 em relação ao valor da alternativa França (5). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** a alternativa Alemanha é melhor que a alternativa França, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Alemanha (7) é maior do que o correspondente para a alternativa França (6); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 1 (7 – 6), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(1^2)/(2 * 5^2)} = 0,020 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,020$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Alemanha sobre/em relação à alternativa França aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{Alemanha, França}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,556 + (1/6) * 1 = 0,426$ ;

Como já se calcularam os índices de preferência da alternativa Alemanha sobre todas as outras alternativas (para além da Espanha e Bélgica, que já haviam sido determinados), pode-se aproveitar uma boa parte dessa informação para calcular o inverso, ou seja, os índices de preferência das outras alternativas (exceptuando Espanha e Bélgica, para as quais isso já se fez), sobre a alternativa Alemanha.

### **Índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Alemanha**

Vão entrar os critérios 1,2 e 6.

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa UK é melhor / sobreclassifica / tem preferência sobre a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada no UK (40) que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Alemanha (83); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 43 (83 – 40), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa UK é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada no UK (80) é maior do que caso seja instalada na Alemanha (60); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 20 (80 – 60), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = |20| / 30 = 0,667$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,667$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** a alternativa UK é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa UK (10) é maior do que o correspondente para a alternativa Alemanha (7); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 3 (10 – 7), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(3^2)/(2 * 5^2)} = 0,165 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,165$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Alemanha aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{UK, Alemanha}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,667 + (1/6) * 0,165 = 0,305$ ;

### **Índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa Alemanha**

Vão entrar os critérios 1, 2, 4, 5 e 6.

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa Portugal é melhor / sobreclassifica / tem preferência sobre a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada em Portugal (52) é menor que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada na Alemanha (83); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 31 (83 – 52), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa Portugal é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em Portugal (72) é maior do que caso seja instalada na Alemanha (60); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 12 (72 – 60), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = |12| / 30 = 0,4$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,4$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa Portugal é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Portugal (20) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para a Alemanha (72); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 52 (72 – 20), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 52 < 60 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = \frac{1}{2} = 0,5$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Portugal (3) é menor em 1 em relação ao valor da alternativa Alemanha (4). Trata-se de um critério do tipo I (não requiere definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** Portugal é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Portugal (8) é maior do que o correspondente para a alternativa Alemanha (7); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 1 (8 – 7), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(1^2)/(2 * 5^2)} = 0,020 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,020$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em

relação à alternativa Alemanha aplica-se a fórmula:  $\Pi ( \mathbf{a}_i , \mathbf{a}_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (\text{Portugal, Alemanha}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,4 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,020 = 0,487$ ;

#### **Índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Alemanha**

Vão entrar os critérios 2 e 4.

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa França é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em França (96) é maior do que caso seja instalada na Alemanha (60); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 36 (96 – 60), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e sendo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo,  $> p = > S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1$ ;  $S_2 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa França é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para França (36) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para a Alemanha (72); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 36 (76 – 32), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 36 < 60 = > S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4 (d_{i,k}) = 0,5$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Alemanha aplica-se a fórmula:  $\Pi ( \mathbf{a}_i , \mathbf{a}_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (\text{França, Alemanha}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,5 = 0,25$ ;

#### **Índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Portugal**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa UK é melhor que a alternativa Portugal, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada no UK (40) é menor que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada em Portugal (52); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 12 (52 – 40), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1 (d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa UK é melhor que a alternativa Portugal, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada no UK (80) é maior do que caso seja instalada em Portugal (72); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 8 (80 – 72), e como se

trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = |8| / 30 = 0,267$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,267$ ;

**Critério C3 (j=3) - Custos de construção:** este critério não entra, pois pelo critério C3 a alternativa UK não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e o valor dos custos de construção para o UK (1000) são maiores que o valor dos custos de construção para a alternativa Portugal (600);

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** não entra, pois pelo critério C4 a alternativa UK não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para o UK (75) são maiores que os correspondentes custos de manutenção Portugal (20);

**Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:** não entra, pois pelo critério C5 a alternativa UK não é melhor que a alternativa Portugal, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa UK (7) é maior que o da alternativa Portugal (3);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** a alternativa UK é melhor que a alternativa Alemanha, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa UK (10) é maior do que o correspondente para a alternativa Portugal (8); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 2 (10 – 8), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(2^2)/(2 * 5^2)} = 0,077 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,077$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa Portugal aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{UK}, \text{Portugal}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,267 + (1/6) * 0,077 = 0,224$ ;

### Índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa França

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa UK é melhor que a alternativa França, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada no UK (40) é menor que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada em França (94); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 54 (94 – 40), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** não entra, pois pelo critério C2 a alternativa UK não é melhor que a alternativa França, posto que se trata de um critério a

maximizar, e no caso da instalação da central no UK a potência elétrica (80) é menor que na situação da central ser instalada em França (96);

**Critério C3 (j=3) - Custos de construção:** não entra, pois pelo critério C3 a alternativa UK não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a minimizar, e o valor dos custos de construção para o UK (1000) é maior que o valor dos custos de construção para a alternativa França (700);

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** não entra, pois pelo critério C4 a alternativa UK não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a minimizar, e os custos de manutenção para o UK (75) são maiores que os correspondentes custos de manutenção da alternativa França (36);

**Critério C5 (j=5) - Número de povoações a evacuar:** não entra, pois pelo critério C5 a alternativa UK não é melhor que a alternativa França, posto que é um critério a minimizar, e no caso o nº de povoações a evacuar para a alternativa UK (7) é maior que o da alternativa França (5);

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** a alternativa UK é melhor que a alternativa França, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa UK (10) é maior do que o correspondente para a alternativa França (6); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 4 (10 – 6), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(4^2)/(2 * 5^2)} = 0,274 = > S_6(d_{i,k}) = 0,274$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa UK sobre/em relação à alternativa França aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{UK}, \text{França}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,274 = 0,212$ ;

Calculados os índices de preferência da alternativa UK sobre as alternativas Portugal e França, e posto que os índices de preferência da alternativa UK sobre as restantes três alternativas já havia sido calculado, pode-se aproveitar uma boa parte dessa informação para calcular o inverso, ou seja, os índices de preferência das outras alternativas (à exceção de Espanha, Bélgica e Alemanha, para as quais isso já foi feito) em relação à alternativa UK.

### **Índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa UK**

Vão entrar os critérios 3, 4 e 5.

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Portugal (600) é menor em 400 em relação ao valor da alternativa UK (1000). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo,

está compreendido entre q e p, aplica-se a expressão  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (|x_i| - q) / (p - q) = 350/450 = 0,778$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,778$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa Portugal é melhor que a alternativa UK, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Portugal (20) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para o UK (75); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 55 (75 – 20), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 55 < 60 = > S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 0,5$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Portugal (3) é menor em 4 em relação ao valor da alternativa UK (7). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares q ou p), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 = > S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa UK aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{Portugal}, \text{UK}) = (1/6) * 0,778 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 1 = 0,380$ ;

#### Índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa UK

Vão entrar os critérios 2, 3, 4 e 5.

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa França é melhor que a alternativa UK, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em França (96) é maior do que caso seja instalada no UK (80); a diferença de valores entre as duas alternativas, e para este critério, é 16 (96 – 80), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p = > S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = |16| / 30 = 0,533$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,533$ ;

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa França (700) é menor em 300 em relação ao valor da alternativa UK (1000). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, está compreendido entre q e p, aplica-se a expressão  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (|x_i| - q) / (p - q) = 250/450 = 0,556$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,556$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa França é melhor que a alternativa UK, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção

para França (36) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para o UK (75); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 39 (75 – 36), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 39 < 60 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 0,5$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa França (5) é menor em 2 em relação ao valor da alternativa UK (7). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa UK aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{França, UK}) = (1/6) * 0,533 + (1/6) * 0,556 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 1 = 0,4315$ ;

#### **Índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa França**

**Critério C1 (j=1) – Mão de obra:** a alternativa Portugal é melhor que a alternativa França, pois trata-se de um critério a minimizar e o nº de trabalhadores a utilizar caso a central elétrica seja instalada em Portugal (52) é menor que o nº de trabalhadores usado caso esta seja instalada em França (94); a diferença, em módulo, entre o número de trabalhadores usados para as duas alternativas é igual a 42 (94 – 52), e o critério é do tipo II (função de preferência do tipo II, ou função tipo “U”), com  $q = 10$ . A diferença entre os valores das alternativas é, em módulo,  $> q$ , pelo que,  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ;  $S_1(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** não entra, pois pelo critério C2 a alternativa Portugal não é melhor que a alternativa França, posto que se trata de um critério a maximizar, e no caso da instalação da central em Portugal a potência elétrica (72) é menor que na situação da central ser instalada em França (96);

**Critério C3 (j=3) – Custos de construção:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Portugal (600) é menor em 100 em relação ao valor da alternativa França (700). Trata-se de um critério do tipo V (função tipo “V” com indiferença), com  $q = 50$  e  $p = 500$ . Como a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, está compreendido entre  $q$  e  $p$ , aplica-se a expressão  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = (|x_i| - q) / (p - q) = 50/450 = 0,111$ ;  $S_3(d_{i,k}) = 0,111$ ;

**Critério C4 (j=4) - Custos anuais de manutenção:** a alternativa Portugal é melhor



que a alternativa França, pois trata-se de um critério a minimizar e os custos de manutenção para Portugal (20) são menores do que os correspondentes custos anuais de manutenção para França (36); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 16 (36 – 20), e como se trata de um critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=60$ , sendo  $10 < 16 < 60 \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1/2$ ;  $S_4(d_{i,k}) = 0,5$ ;

**Critério C5 (j=5) – Número de povoações a evacuar:** trata-se de um critério a minimizar e onde o valor para a alternativa Portugal (3) é menor em 2 em relação ao valor da alternativa França (5). Trata-se de um critério do tipo I (não requer definição dos limiares  $q$  ou  $p$ ), e desde que os valores das duas alternativas sejam diferentes (ou seja, desde que a diferença entre os valores de ambas não seja zero), e são, então automaticamente  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow S_5(d_{i,k}) = 1$ ;

**Critério C6 (j=6) - Nível de segurança da central:** a alternativa Portugal é melhor que a alternativa França, pois trata-se de um critério a maximizar e o nível de segurança da central para a alternativa Portugal (8) é maior do que o correspondente para a alternativa França (6); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 2 (8 – 6), e como se trata de um critério do tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=5$ , vem que  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(2^2)/(2 * 5^2)} = 0,077 \Rightarrow S_6(d_{i,k}) = 0,077$ ;

Então, para se calcular o índice de preferência da alternativa Portugal sobre/em relação à alternativa França aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{Portugal, França}) = (1/6) * 1 + (1/6) * 0,111 + (1/6) * 0,5 + (1/6) * 1 + (1/6) * 0,077 = 0,448$ ;

### Índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Portugal

Só vai entrar o critério 2.

**Critério C2 (j=2) - Potência elétrica da central:** a alternativa França é melhor que a alternativa Portugal, pois trata-se de um critério a maximizar e a potência elétrica caso a central seja instalada em França (96) é maior do que caso seja instalada em Portugal (72); a diferença de valores entre as duas alternativas, em módulo, e para este critério, é 24 (96 – 72), e como se trata de um critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=30$ , e cumprindo a diferença entre os valores das duas alternativas, em módulo, a condição  $|x_i| \leq p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = |24| / 30 = 0,8$ ;  $S_2(d_{i,k}) = 0,8$ ;

Para se calcular o índice de preferência da alternativa França sobre/em relação à alternativa Portugal aplica-se a fórmula:  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(\text{França, Portugal}) = (1/6) * 0,8 = 0,133$ ;

Pode-se assim montar a **matriz de índices de preferência**, conforme a figura 230.

| MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA |        |         |          |       |          |        |
|----------------------------------|--------|---------|----------|-------|----------|--------|
| ALTERNATIVAS                     | ESPAÑA | BÉLGICA | ALEMANHA | UK    | PORTUGAL | FRANÇA |
| ESPAÑA                           | 0      | 0,295   | 0,25     | 0,269 | 0,1      | 0,185  |
| BÉLGICA                          | 0,463  | 0       | 0,389    | 0,333 | 0,296    | 0,5    |
| ALEMANHA                         | 0,235  | 0,18    | 0        | 0,333 | 0,056    | 0,426  |
| UK                               | 0,399  | 0,506   | 0,305    | 0     | 0,224    | 0,212  |
| PORTUGAL                         | 0,444  | 0,515   | 0,487    | 0,38  | 0        | 0,448  |
| FRANÇA                           | 0,287  | 0,399   | 0,25     | 0,481 | 0,133    | 0      |

Figura 230 – Matriz de índices de preferência para o problema (Fonte: o pesquisador, 2018)

Pode-se desse modo passar ao cálculo dos **fluxos de superação positivos ( $\emptyset_i^+$ ) e negativos ( $\emptyset_i^-$ ), para cada uma das alternativas.**

Embora as expressões que servem para calcular os fluxos (já apresentadas anteriormente) remetam para somatórias de valores, existem autores que na aplicação do método PROMETHEE II trabalham com os valores médios de cada uma dessas somatórias.

Transpondo para o presente exemplo prático, o fluxo positivo para a alternativa Espanha resulta da soma de todos os elementos da matriz de índices de preferência pertencentes à linha da alternativa Espanha, desconsiderando o elemento 0 (zero) da diagonal principal (ou em alternativa o valor médio dessa somatória), e o fluxo negativo para a alternativa Espanha resulta da soma de todos os elementos da matriz de índices de preferência pertencentes à coluna da alternativa Espanha, desconsiderando o referido elemento 0 (zero) da diagonal principal (ou em alternativa o valor médio dessa somatória). Para as restantes alternativas procede-se do mesmo modo.

**Fluxo positivo para a alternativa Espanha** (como resultado de somatória) =  $0,296 + 0,25 + 0,269 + 0,1 + 0,185 = 1,1$  (como média do valor dessa somatória =  $0,22$ );

**Fluxo negativo para a alternativa Espanha** (como resultado de somatória) =  $0,463 + 0,235 + 0,399 + 0,444 + 0,287 = 1,828$  (como média do valor dessa somatória =  $0,366$ );

**Fluxo positivo para a alternativa Bélgica** (como resultado de somatória) =  $0,463 + 0,389 + 0,333 + 0,296 + 0,5 = 1,981$  (como média do valor dessa somatória =  $0,396$ );

**Fluxo negativo para a alternativa Bélgica** (como resultado de somatória) =  $0,295 + 0,18 + 0,506 + 0,515 + 0,399 = 1,895$  (como média do valor dessa somatória =  $0,379$ );

**Fluxo positivo para a alternativa Alemanha** (como resultado de somatória) =

$0,235 + 0,18 + 0,333 + 0,056 + 0,426 = 1,23$  (como média do valor dessa somatória = 0,246);

**Fluxo negativo para a alternativa Alemanha** (como resultado de somatória) =  $0,25 + 0,389 + 0,305 + 0,487 + 0,25 = 1,681$  (como média do valor dessa somatória = 0,3362);

**Fluxo positivo para a alternativa UK** (como resultado de somatória) =  $0,399 + 0,506 + 0,305 + 0,224 + 0,212 = 1,646$  (como média do valor dessa somatória = 0,3292);

**Fluxo negativo para a alternativa UK** (como resultado de somatória) =  $0,269 + 0,333 + 0,333 + 0,38 + 0,431 = 1,746$  (como média do valor dessa somatória = 0,3492);

**Fluxo positivo para a alternativa Portugal** (como resultado de somatória) =  $0,444 + 0,515 + 0,487 + 0,380 + 0,448 = 2,274$  (como média do valor dessa somatória = 0,4548);

**Fluxo negativo para a alternativa Portugal** (como resultado de somatória) =  $0,1 + 0,296 + 0,056 + 0,224 + 0,133 = 0,809$  (como média do valor dessa somatória = 0,1618);

**Fluxo positivo para a alternativa França** (como resultado de somatória) =  $0,287 + 0,399 + 0,25 + 0,431 + 0,133 = 1,5$  (como média do valor dessa somatória = 0,3);

**Fluxo negativo para a alternativa França** (como resultado de somatória) =  $0,185 + 0,5 + 0,426 + 0,212 + 0,448 = 1,771$  (como média do valor dessa somatória = 0,3542);

Pode-se passar agora ao cálculo dos **fluxos de superação líquidos** para cada alternativa.

**Fluxo líquido para a alternativa Espanha:** Igual a  $(\emptyset_i^+ - \emptyset_i^-) = (1,1 - 1,828) = -0,728$  (ou, como diferença de fluxos médios, igual a  $(0,22 - 0,366 = -0,146)$ );

**Fluxo líquido para a alternativa Bélgica:** Igual a  $(\emptyset_i^+ - \emptyset_i^-) = (1,981 - 1,896) = 0,085$  (ou, como diferença de fluxos médios, igual a  $(0,396 - 0,379 = 0,017)$ );

**Fluxo líquido para a alternativa Alemanha:** Igual a  $(\emptyset_i^+ - \emptyset_i^-) = (1,230 - 1,681) = -0,451$  (ou, como diferença de fluxos médios, igual a  $(0,2466 - 0,3362 = -0,0896)$ );

**Fluxo líquido para a alternativa UK:** Igual a  $(\emptyset_i^+ - \emptyset_i^-) = (1,646 - 1,746) = -0,1$  (ou, como diferença de fluxos médios, igual a  $(0,3292 - 0,3492 = -0,02)$ );

**Fluxo líquido para a alternativa Portugal:** Igual a  $(\emptyset_i^+ - \emptyset_i^-) = (2,274 - 0,809) = 1,465$  (ou, como diferença de fluxos médios, igual a  $(0,4548 - 0,1618 = 0,293)$ );

**Fluxo líquido para a alternativa França:** Igual a  $(\emptyset_i^+ - \emptyset_i^-) = (1,5 - 1,771) = -0,271$  (ou, como diferença de fluxos médios, igual a  $(0,3 - 0,3548 = -0,0548)$ );

Pode-se então montar a “matriz ampliada” dos índices de preferência em conjunto com os fluxos totais e médios da figura 231 e também a figura 232 com os fluxos médios positivo, negativo, e líquido.

| ÍNDICES DE PREFERÊNCIA E FLUXOS |        |         |          |        |          |        |                  |                  |
|---------------------------------|--------|---------|----------|--------|----------|--------|------------------|------------------|
| ALTERNATIVAS                    | ESPAÑA | BÉLGICA | ALEMANHA | UK     | PORTUGAL | FRANÇA | $\phi_i^+$ TOTAL | $\phi_i^+$ MÉDIO |
| ESPAÑA                          | 0      | 0,295   | 0,25     | 0,269  | 0,1      | 0,185  | 1,1              | 0,22             |
| BÉLGICA                         | 0,463  | 0       | 0,389    | 0,333  | 0,296    | 0,5    | 1,981            | 0,396            |
| ALEMANHA                        | 0,235  | 0,18    | 0        | 0,333  | 0,056    | 0,426  | 1,23             | 0,2466           |
| UK                              | 0,399  | 0,506   | 0,305    | 0      | 0,224    | 0,212  | 1,646            | 0,3292           |
| PORTUGAL                        | 0,444  | 0,515   | 0,487    | 0,38   | 0        | 0,448  | 2,274            | 0,4548           |
| FRANÇA                          | 0,287  | 0,399   | 0,25     | 0,431  | 0,133    | 0      | 1,5              | 0,3              |
| $\phi_i^-$ TOTAL                | 1,828  | 1,895   | 1,681    | 1,746  | 0,809    | 1,771  |                  |                  |
| $\phi_i^-$ MÉDIO                | 0,366  | 0,3792  | 0,3362   | 0,3492 | 0,1618   | 0,3548 |                  |                  |

Figura 231 – Matriz de índices de preferência para o problema (Fonte: o pesquisador, 2018)

| FLUXOS MÉDIOS E FLUXO LÍQUIDO MÉDIO |                  |                  |                                 |
|-------------------------------------|------------------|------------------|---------------------------------|
| ALTERNATIVAS                        | $\phi_i^+$ MÉDIO | $\phi_i^-$ MÉDIO | $\phi_{\text{liquido}}^-$ MÉDIO |
| ESPAÑA                              | 0,22             | 0,366            | -0,146                          |
| BÉLGICA                             | 0,396            | 0,3792           | 0,0168                          |
| ALEMANHA                            | 0,2466           | 0,3362           | -0,0896                         |
| UK                                  | 0,3292           | 0,3492           | -0,02                           |
| PORTUGAL                            | 0,4548           | 0,1618           | 0,293                           |
| FRANÇA                              | 0,3              | 0,3548           | -0,0548                         |

Figura 232 – Fluxos médios e fluxo líquido médio (Fonte: o pesquisador, 2018)

A partir daqui já se pode fazer o ordenamento das várias alternativas. Podem-se considerar aqui dois ordenamentos: - ordenamento segundo o PROMETHEE I; - ordenamento segundo o PROMETHEE II.

- Ordenamento segundo o Promethee I - a alternativa  $a_i$  supera a alternativa  $a_k$  se:

- $$\left\{ \begin{array}{l} 1 - \phi_i^+ > \phi_k^+, \text{ e ainda, } \phi_i^- < \phi_k^-, \text{ ou então} \\ 2 - \phi_i^+ > \phi_k^+, \text{ e ainda, } \phi_i^- = \phi_k^-, \text{ ou então} \\ 3 - \phi_i^+ = \phi_k^+, \text{ e ainda, } \phi_i^- < \phi_k^- \end{array} \right.$$

- Ordenamento segundo o Promethee II - faz-se diretamente pelos valores de  $\phi^{\text{liquido}}$  ordenando do maior para o menor valor.

| ALTERNATIVAS | ORDEM | $\phi^{\text{liq}} \text{ médio}$ |
|--------------|-------|-----------------------------------|
| PORTUGAL     | 1º    | 0,293                             |
| BÉLGICA      | 2º    | 0,0168                            |
| UK           | 3º    | -0,02                             |
| FRANÇA       | 4º    | -0,0548                           |
| ALEMANHA     | 5º    | -0,0896                           |
| ESPAÑA       | 6º    | -0,146                            |

Figura 233 – Ordenamento das alternativas do exemplo prático pelo método PROMETHEE II (Fonte: o pesquisador, 2018)

#### **3.4.3.2.4 TESE “Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Priorização de Projetos em Saneamento” (Vanessa Campos – EESC/USP, 2011)**

**Contexto:** o modelo de priorização proposto foi aplicado no contexto de hierarquia de projetos nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ).

**Estruturação do problema:** a priorização dos projetos de saneamento das bacias PCJ tem como base as definições da Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 077/07 (Anexo A). Essa deliberação tem como função definir as regras de hierarquização dos empreendimentos submetidos para o financiamento com recursos oriundos das cobranças pelo uso dos recursos hídricos em rios da União e dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, localizados nas bacias PCJ. Esse processo de decisão das bacias PCJ é importante para aplicação do modelo multicritério para priorização de projetos pelos seguintes motivos:

✓ Há limitação dos recursos financeiros e os projetos precisam ser distribuídos de forma hierárquica;

✓ Necessidade de transparência na decisão, em virtude da participação de vários órgãos e instituições, todos com interesses distintos, entre eles: prefeituras, prestadores de serviço de água e esgoto, associações;

✓ Os critérios de decisão foram estabelecidos em grupo e por meio de consenso entre os tomadores de decisão; e

✓ **Os critérios são conflitantes e abrangem naturezas diferentes: operacionais, institucionais e financeiros.**

#### **Aplicação numérica do modelo**

**Caso:** hierarquia de projetos nas bacias PCJ;

**Tipos de Projetos:** projetos de recuperação da Qualidade dos corpos d’água (Grupo 1);

**Tipo de Decisão em Grupo:** consenso para formulação dos critérios e análise de preferência individuais para os resultados da hierarquia; avaliação das preferências individuais;

**Tomadores de Decisão:** integrantes da Câmara Técnica de Planejamento da Bacia do PCJ;

**Documentos:** Deliberação Conjunta dos Comitês PCJ nº 077/07;

**Alternativas:** correspondem aos projetos submetidos a aprovação de investimento junto ao Comitê PCJ no ano de 2008 (em algumas situações mais que um projeto na a

mesma localidade). **Foram 14 projetos submetidos ao processo de hierarquia.**

As alternativas/projetos do problema de decisão multicritério são as da figura 234.

| Município             | Empreendimento   |
|-----------------------|--|
| Americana             | Execução da estação elevatória de esgoto e linhas de recalque - Jardim da Mata   |
| Atibaia               | Implantação de equipamentos e obras complementares na ETE Estoril  |
| Campinas              | Estação de tratamento de esgoto de Bosque das Palmeiras  |
|                       | Obras de ampliação e equipamentos para otimização da estação de tratamento de lodo das estações de tratamento de Água 3 e 4  |
| Cordeirópolis         | Projeto executivo do sistema de tratamento, desidratação e disposição final do lodo da ETA do município de Cordeirópolis   |
| Indaiatuba            | Interceptor (coletor tronco) da margem direita do rio Jundiá   |
| Ipeúna                | Construção da ETE tipo sistema australiano de Ipeúna   |
| Jaguariúna            | Sistema de afastamento (coletor tronco) e transporte de esgoto sanitário - Bacia do Jaguarí - Fase 03  |
| Jundiá                | Construção de estação de tratamento de esgoto do bairro Fernandes - Bacia do Rio Capivarí no município de Jundiá   |
|                       | Construção de Estação de Tratamento de Esgotos Bairro São José - Bacia do Rio Capivarí no município de Jundiá  |
| Rio das Pedras        | Projeto básico de reaproveitamento de água do processo do sistema de tratamento, desidratação e disposição final dos lodos das ETAs I, II e III do município de Rio das Pedras |
| Santa Bárbara D'Oeste | Tratamento físico químico da ETE Barroirão   |
|                       | Tratamento físico químico da ETE Balsa   |
| Valinhos              | Implantação do sistema de controle de odor do tratamento preliminar da ETE de Capuava  |

Figura 234 – Empreendimentos inscritos para hierarquização em 2008 (Fonte: dados informados pelo Comitê (PCJ), apud Campos, V.R., 2011)

As alternativas da figura acima receberão uma notação sequencial, em função da ordem em que aparecem na figura. Assim, o empreendimento de Americana corresponderá à alternativa A1, o de Atibaia à alternativa A2, os dois empreendimentos de Campinas corresponderão respectivamente às alternativas A3 (estação de tratamento de esgoto) e A4 (obras de ampliação e equipamentos para otimização), e assim sucessivamente até o empreendimento de Valinhos, que corresponderá à alternativa A14.

**Definição de critérios:** os critérios foram obtidos pelo consenso entre os integrantes da Câmara Técnica de Planejamento (CT-PL) do Comitê PCJ e a consolidação desses mesmos critérios resultou de reuniões que envolveram a participação dos membros CT-PL. A deliberação conjunta dos Comitês PCJ nº 077/07 estabelece os critérios gerais e específicos para hierarquização de empreendimentos (Anexo A, Campos, V.R., 2011). Os cinco critérios são apresentados a seguir na figura 235 e são de natureza qualitativa; as regras de pontuação desses critérios são apresentadas na figura 236.

| Abreviatura | Critério                     | Objetivo  | Unidade    | Mín | Máx |
|-------------|------------------------------|-----------|------------|-----|-----|
| C1          | Objetivo do empreendimento   | Maximizar | Pontos     | 2   | 5   |
| C2          | Contrapartida oferecida      | Maximizar | Percentual | 20% | 40% |
| C3          | Tipo de empreendimento       | Maximizar | Pontos     | 1   | 5   |
| C4          | Programa de Gestão Municipal | Maximizar | Pontos     | 0   | 5   |
| C5          | Participação no PRODES       | Maximizar | Pontos     | 0   | 1   |

Figura 235 – Critérios de decisão de investimentos (Fonte: deliberação conjunta dos Comitês PCJ nº 077/0, apud Campos, V.R., 2011)

Segundo Campos V.R. (2011), observa-se pela figura 235 que os critérios de decisão para a hierarquização são bem particulares ao problema. Desse modo, os critérios apresentam: caráter operacional, como seja o objetivo do empreendimento; administrativos e institucionais, como sejam o tipo de empreendimento, programa de gestão municipal e inclusão no PRODES; ou caráter financeiro, como seja o percentual de contrapartida.

| Critérios   | Pontuação  |
|---|--|
| <b>Objetivo do empreendimento</b>                         | 5 pontos – ETEs; tratamento de chorume; tratamento de efluente de ETA (lodo);<br>4 pontos – coletores-tronco, emissários, elevatórias de esgoto, interceptores (transporte e afastamento) que se interliguem a uma ETE em operação;<br>3 pontos – coletores-tronco, emissários, elevatórias de esgoto, interceptores (transporte e afastamento) que se interliguem a uma ETE em construção;<br>2 pontos – coletores-tronco, emissários, elevatórias de esgoto, interceptores (transporte e afastamento) que não estejam interligados a uma ETE.  |
| <b>Contrapartida oferecida</b>                            | CP <sub>of</sub> = contrapartida oferecida;<br>CP <sub>mín</sub> = contrapartida mínima = 20%;<br>CP <sub>máx</sub> = contrapartida máxima = 40%.  |
| <b>Tipo de empreendimento</b>                             | 5,0 pontos – obra cujo projeto foi financiado pelo FEHIDRO ou “cobranças federal e paulista”;<br>4,5 pontos – obra cujo projeto não foi financiado pelo FEHIDRO ou “cobranças federal e paulista”;<br>4,0 pontos – serviço ou equipamento cujo projeto foi financiado pelo FEHIDRO ou “cobranças federal e paulista”;<br>3,5 pontos – serviço ou equipamento cujo projeto não foi financiado pelo FEHIDRO ou “cobranças federal e paulista”;<br>3,0 pontos – projeto, plano ou estudo cujo termo de referência foi financiado pelo FEHIDRO ou “cobranças federal e paulista”;<br>2,0 pontos – projeto, plano ou estudo cujo termo de referência não foi financiado pelo FEHIDRO ou “cobranças federal e paulista”;<br>1,0 ponto – Termo de Referência. |
| <b>Programa de Gestão Municipal dos Recursos Hídricos</b> | 5 pontos – município possui Lei Municipal sobre Política Municipal de Recursos Hídricos e o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente ou de Recursos Hídricos implantado e em operação;<br>3 pontos – município possui Lei Municipal sobre Política Municipal de Recursos Hídricos;<br>2 pontos – município possui Projeto de Lei (PL) Municipal sobre Política Municipal de Recursos Hídricos já protocolado na Câmara Municipal;<br>0 ponto – município não protocolou PL sobre Política Municipal de Recursos Hídricos na Câmara Municipal.   |
| <b>Inclusão no PRODES</b>                                 | 1 ponto – para obras que tenham sido hierarquizadas pelo PRODES/ANA/2007;<br>0 ponto – para as demais obras;   |

Figura 236 – Pontuação para os critérios (Fonte: deliberação conjunta dos Comitês PCJ nº 077/0, apud Campos, V.R., 2011)

A figura 237 a seguir, apresenta o desempenho de cada alternativa segundo cada um dos 5 critérios de decisão estabelecidos anteriormente.

| Alternativa | Objetivo do Empreendimento | Contrapartida | Tipo de Empreendimento | Gestão Municipal | PRODES |
|-------------|----------------------------|---------------|------------------------|------------------|--------|
| A1          | 5                          | 40,00%        | 4,5                    | 5                | 0      |
| A2          | 5                          | 40,00%        | 4,5                    | 3                | 1      |
| A3          | 4                          | 40,00%        | 4,5                    | 5                | 0      |
| A4          | 5                          | 40,00%        | 4,5                    | 3                | 0      |
| A5          | 5                          | 40,00%        | 4,5                    | 3                | 0      |
| A6          | 5                          | 40,00%        | 4,5                    | 3                | 0      |
| A7          | 5                          | 40,00%        | 5                      | 2                | 0      |
| A8          | 5                          | 40,00%        | 5                      | 2                | 0      |
| A9          | 5                          | 40,00%        | 4,5                    | 0                | 0      |
| A10         | 4                          | 35,00%        | 4,5                    | 3                | 0      |
| A11         | 4                          | 40,00%        | 4,5                    | 0                | 0      |
| A12         | 5                          | 33,00%        | 2                      | 0                | 0      |
| A13         | 5                          | 33,00%        | 2                      | 0                | 0      |
| A14         | 5                          | 30,00%        | 4,5                    | 0                | 0      |

Figura 237 – Matriz de avaliação das bacias PCJ (Fonte: dados informados pelo Comitê PCJ, apud Campos, V.R., 2011)

**Observações:** da matriz da figura anterior observa-se que existe diferença de escala entre os critérios, no entanto, no método PROMETHEE II e para efeito de sobreclassificação das alternativas e relação binária entre elas não há necessidade de mudança de escala.

As opções de projeto [ A7 e A8 ], [A4, A5 e A6] e [A12 e A13] têm o mesmo desempenho para todos os critérios, donde será de esperar que ocupem posições de empate nos vários cenários adotados.

Modelagem de preferência – Foi feita por meio de entrevistas com três agentes de decisão (membros do CT-PL). Assim, foi possível estabelecer três cenários de hierarquia, um para cada decisor. Pretendeu-se dessa forma analisar os julgamentos individuais em relação à ponderação dos critérios e resultados de hierarquia. O resumo da modelagem de preferência realizada para os 3 cenários (decisores) estabelecidos, conforme as regras do PROMETHEE II, é apresentado na figura 238.



| Cenário I                  |           |          |             |             |        |
|----------------------------|-----------|----------|-------------|-------------|--------|
| Critério                   | Min/max   | Função   | Indiferença | Preferência | Peso   |
| Objetivo do empreendimento | Maximizar | Usual    | 0           | 1           | 27,03% |
| % Contrapartida            | Maximizar | V-Shape  | 0           | 5           | 13,51% |
| Tipo de empreendimento     | Maximizar | V-Shape  | 0           | 1           | 24,32% |
| Gestão Municipal           | Maximizar | V-Shape  | 0           | 2           | 18,92% |
| PRODES                     | Maximizar | Usual    | 0           | 1           | 16,22% |
| Cenário II                 |           |          |             |             |        |
| Critério                   | Min/Max   | Função   | Indiferença | Preferência | Peso   |
| Objetivo do empreendimento | Maximizar | V-Shape  | 0           | 1           | 31,25% |
| Contrapartida              | Maximizar | V-Shape  | 0           | 3           | 25,00% |
| Tipo de empreendimento     | Maximizar | Usual    | 0,5         | 1           | 18,75% |
| Gestão Municipal           | Maximizar | V-Shape  | 0           | 1           | 18,75% |
| PRODES                     | Maximizar | Usual    | 0           | 1           | 6,25%  |
| Cenário III                |           |          |             |             |        |
| Criterion                  | Min/Max   | Função   | Indiferença | Preferência | Peso   |
| Objetivo do empreendimento | Maximizar | Gaussian | 0           | 3           | 34,48% |
| Contrapartida              | Maximizar | Level    | 10          | 20          | 13,79% |
| Tipo de empreendimento     | Maximizar | V-Shape  | 0           | 0,5         | 13,79% |
| Gestão Municipal           | Maximizar | Linear   | 1           | 2           | 20,69% |
| PRODES                     | Maximizar | Usual    | 0           | 1           | 17,24% |

Figura 238 – Modelagem de preferência conforme PROMETHEE II (Fonte: Campos, V.R., 2011)

**Importante:** a partir dos dados apresentados nas tabelas anteriores, e como isso não é feito na tese cujo conteúdo foi analisado, procedeu-se a todos os cálculos necessários ao desenvolvimento das várias etapas do método PROMETHEE II, e verificar-se-à no final se os resultados a que se chegou conferem com os resultados apresentados na tese para os três cenários (decisores).

**Nota:** importante referir aqui, no que diz respeito à nomenclatura usada na tese, e quanto aos vários tipos de funções de preferência, que:

USUAL = Critério do Tipo II (função do tipo “U”);  $= > q = \dots\dots\dots$

V-SHAPE = Critério do tipo III (função do tipo “V”);  $= > p = \dots\dots\dots$

LEVEL = Critério do tipo IV (função do tipo “Escada”);  $= > q = \dots\dots$  e  $p = \dots\dots$

LINEAR = Critério do tipo V (função do tipo “V” com indiferença);  $= > q = \dots$  e  $p = \dots\dots$

**Cálculo dos índices de preferência de cada alternativa sobre as restantes, e para o Cenário I (Decisor 1):** em função dos respetivos níveis de desempenho para cada um dos critérios.

**Índice de preferência de A1 sobre A2**

Para o índice de preferência de A1 sobre A2 só entra o critério “Gestão Municipal”, pois:

- Para os critérios Objetivo do Empreendimento, Contrapartida e Tipo de Empreendimento A1 e A2 têm exatamente os mesmos níveis de desempenho/preferência;
- Para o critério PRODES a alternativa A2 é melhor que a alternativa A1;
- Para o critério “Gestão Municipal” sim, a alternativa A1 tem um desempenho (=5) melhor que a alternativa A2 (=3); não esquecer que se trata de um critério a maximizar; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 2, e para o decisor 1/cenário I trata-se de um critério tipo III (função tipo “V”), com  $p=2$ ; como a diferença entre valores das 2 alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow \Pi (A1, A2) = \Pi_{\text{GESTÃO MUNICIPAL}} (A_1, A_2) = W_{\text{J GESTÃO MUNICIPAL}} * S_{\text{GESTÃO MUNICIPAL}} (A_1, A_2) = 1$ , pois a diferença entre as duas alternativas, em módulo, é igual a  $p (=2) = 0,1892 * 1 = 0,1892$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A3

Só vai entrar o critério “Objetivo do Empreendimento” pois os restantes critérios as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho uma que a outra.

Para o critério “Objetivo do Empreendimento”, A1 tem um desempenho/preferência (=5) melhor/maior que A3 (=4), pois trata-se de um critério a maximizar; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4); trata-se de um critério do tipo II (USUAL), e como a diferença entre valores das duas alternativas é  $> q (=0) \Rightarrow S_j (A1, A3) = S_j (dA1,A3) = 1$ ; **peso do critério “Objetivo do Empreendimento” = 27,03% = 0,2703**  $\Rightarrow$  **aplicando a fórmula**  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A1, A3) = 0,2703 * 1 = 0,2703$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A4

Só vai entrar o critério “Gestão Municipal”, pois para os restantes critérios as 2 alternativas têm exatamente o mesmo nível de desempenho uma que a outra; Gestão Municipal  $\rightarrow$  **critério a maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=2$** ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2 (=5 – 3); como essa diferença é, em módulo, igual a  $p = > S_j (A1, A4) = S_j (dA1,A4) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A1, A4) = 0,1892 * 1 = 0,1892$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A5

Só vai entrar o critério “Gestão Municipal”, pois para os restantes critérios as 2 alternativas têm exatamente o mesmo nível de desempenho uma que a outra; **Gestão**

**Municipal**→ critério a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=2$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2 ( $=5 - 3$ ); como essa diferença é, em módulo, igual a  $p = > S_j (A_1, A_5) = S_j (dA_1, A_5) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_5) = 0,1892 * 1 = 0,1892$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A6

Exatamente o mesmo que os índices de preferência de A1 sobre A4 e de A1 sobre A5 =  $0,1892$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A7

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**”; para o critério “**Tipo de Empreendimento**” A7 até é melhor que A1 (tem um desempenho melhor/maior); para os outros dois critérios as alternativas têm exatamente o mesmo nível de desempenho uma que a outra; **Gestão Municipal** → critério a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=2$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=5 - 2$ ); como essa diferença é, em módulo, superior a  $p (=2) = > S_j (A_1, A_7) = S_j (dA_1, A_7) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_7) = 0,1892 * 1 = 0,1892$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A8

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**”; para o critério “**Tipo de Empreendimento**” A8 até é melhor que A1 (tem um desempenho melhor/maior); para os outros critérios as alternativas têm exatamente o mesmo nível de desempenho uma que a outra; **Gestão Municipal**→ critério a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=2$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=5 - 2$ ); como essa diferença é, em módulo, superior a  $p (=2) = > S_j (A_1, A_8) = S_j (dA_1, A_8) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_8) = 0,1892 * 1 = 0,1892$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A9

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**”; para todos os outros critérios as alternativas têm exatamente o mesmo nível de desempenho uma que a outra; **Gestão Municipal** → critério a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=2$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); como essa diferença é, em módulo, superior a  $p (=2) = > S_j (A_1, A_9) = S_j (dA_1, A_9) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_9) = 0,1892 * 1 = 0,1892$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A10

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”; “**Contrapartida**”; “**Gestão Municipal**”; para os critérios “**Tipo de Empreendimento**” e “**PRODES**” as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho; “**Objetivo do Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério = 0,2703; **Critério do tipo II (função do tipo “U”), com q=0**; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4); como essa diferença é maior que q (=0) = >  $S_j (A_1, A_{10}) = S_j (dA_1, A_{10}) = 1$ ; “**Contrapartida**” → não resulta muito claro do texto da tese a forma de avaliar a diferença de desempenhos entre os pares de alternativas; toma-se então para esse efeito a diferença de percentagem de contrapartida (quando positivo) a dividir pela diferença entre a contrapartida máxima (=40%) e a contrapartida mínima (=20%); então, para o presente caso tem-se: critério a maximizar a diferença de desempenho relativa entre as duas alternativas para este critério é = (40% - 35%) / (40% - 20%) = 5% / 20% = 0,05/0,2 = 0,25; peso do critério = 13,51% = 0,1351 = >  $S_j (A_1, A_{10}) = S_j (dA_1, A_{10}) = 0,1351 * 0,25 = 0,0304$ ; “**Gestão Municipal**”; a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2 (=5 – 3); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=2**; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a p = >  $S_j (A_1, A_{10}) = S_j (dA_1, A_{10}) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_{10}) = 0,2703 * 1 + 0,1351 * 0,25 + 0,1892 * 1 = 0,493$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A11

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério = 0,2703; **Critério do tipo II (função do tipo “U”), com q=0**; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4); como essa diferença é maior que q (=0) = >  $S_j (A_1, A_{10}) = S_j (dA_1, A_{10}) = 1$ ; “**Gestão Municipal**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 (=5 – 0); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=2**; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a p = >  $S_j (A_1, A_{11}) = S_j (dA_1, A_{11}) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_{11}) = 0,2703 * 1 + 0,1892 * 1 = 0,4595$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A12

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,51\% = 0,1351$ ; a diferença relativa de desempenhos entre as duas alternativas para o critério é: (40% - 33%) / (40% - 20%) = 7% / 20% = 0,07/0,2 = 0,35; “**Tipo de Empreendimento**” → peso do critério = 24,32% = 0,2432; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo,

igual a 2,5 ( $=4,5 - 2$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=1$** ; como neste caso a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{12}) = S_j (dA_{1,A_{12}}) = 1$ ; **“Gestão Municipal”**; a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=2$** ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{12}) = S_j (dA_{1,A_{12}}) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_{12}) = 0,1351 * 0,35 * 1 + 0,2432 * 1 + 0,1892 * 1 = 0,480$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A13

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”**, **“Tipo de Empreendimento”** e **“Gestão Municipal”**; **“Contrapartida”** → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 13,51\% = 0,1351$ ; a diferença relativa de desempenhos entre as duas alternativas para o critério é:  $= (40\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 7\% / 20\% = 0,07/0,2 = 0,35$ ; **“Tipo de Empreendimento”** → peso do critério =  $24,32\% = 0,2432$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2,5 ( $=4,5 - 2$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=1$** ; como neste caso a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{13}) = S_j (dA_{1,A_{13}}) = 1$ ; **“Gestão Municipal”** → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=2$** ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{13}) = S_j (dA_{1,A_{13}}) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_{13}) = 0,1351 * 0,35 * 1 + 0,2432 * 1 + 0,1892 * 1 = 0,480$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A14

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”**, e **“Gestão Municipal”**; **“Contrapartida”** → → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 13,51\% = 0,1351$ ; a diferença relativa de desempenhos entre as duas alternativas para o critério é:  $= (40\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 10\% / 20\% = 0,5$ ;

**“Gestão Municipal”** → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=2$** ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{14}) = S_j (dA_{1,A_{14}}) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_{14}) = 0,1351 * 0,5 + 0,1892 * 1 = 0,257$ ;

#### Índice de preferência de A2 sobre A1

Só vai entrar o critério **“PRODES”** → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 16,22\% =$

0,1622; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $q = > S_j$  ( $A_2, A_1$ ) =  $S_j (dA_2, A_1) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (A_2, A_1) = 0,1622 * 1 = 0,162$ ;

**Índice de preferência de A3 sobre A1:** não existe nenhum critério para o qual a alternativa A3 seja melhor (tenha preferência sobre) a alternativa A1 = > o índice de preferência de A3 sobre A1 é = 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A1:** pelos mesmo motivos que no caso anterior = > o índice de preferência da alternativa A4 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A1:** pelos mesmo motivos = > o índice de preferência da alternativa A5 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A1:** pelos mesmo motivos = > o índice de preferência da alternativa A6 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A7 sobre A1**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 24,32\% = 0,2432$ ; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 – 4,5); Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=1$ ; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $p \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j ( d_{i,k} ) = | x_i | / p = 0,5 / 1 = 0,5$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (A_7, A_1) = 0,2432 * 0,5 = 0,122$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A1** → tem o mesmo índice de preferência que a alternativa anterior = 0,122;

**Índice de preferência de A9 sobre A1** → = 0 (zero)

**Índice de preferência de A10 sobre A1** → = 0 (zero)

**Índice de preferência de A11 sobre A1** → = 0 (zero)

**Índice de preferência de A12 sobre A1** → = 0 (zero)

**Índice de preferência de A13 sobre A1** → = 0 (zero)

**Índice de preferência de A14 sobre A1** → = 0 (zero)

### **SEGUNDA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A2 sobre A3**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**” e “**PRODES**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 =

0,2703; **“PRODES”** → por analogia com o índice de preferência de A2 sobre A1 = 0,162; Somando as duas parcelas → índice de preferência de A2 sobre A3 = 0,432;

#### Índice de preferência de A2 sobre A4

Só vai entrar o critério **“PRODES”** → por analogia com o índice de preferência de A2 sobre A1 = 0,162;

**Índice de preferência de A2 sobre A5** → pelos mesmos motivos = 0,162;

**Índice de preferência de A2 sobre A6** → pelos mesmos motivos = 0,162;

#### Índice de preferência de A2 sobre A7

Vão entrar os critérios **“Gestão Municipal”** e **“PRODES”**; **“Gestão Municipal”** → a **maximizar**; peso = 18,92% = 0,1892; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=3 – 2); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=2**; como neste caso a diferença entre as duas alternativas, em módulo, é inferior a p =>  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = 1 / 2 = 0,5$ ; **“PRODES”** → por analogia com o índice de preferência de A2 sobre A1 =>  $S(d_{i,k}) = 0,162$ ; aplicando a fórmula  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A_2, A_7) = 0,1892 * 0,5 + 0,162 = 0,257$ ;

**Índice de preferência de A2 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,257;

#### Índice de preferência de A2 sobre A9

Vão entrar os critérios **“Gestão Municipal”** e **“PRODES”**; **“Gestão Municipal”** por semelhança com a preferência de A1 sobre A7 = 0,1892; **“PRODES”** → por semelhança com a preferência de A2 sobre A1 = 0,162; somando as duas parcelas = 0,351;

#### Índice de preferência de A2 sobre A10

Vão entrar os critérios **“Objetivo do Empreendimento”**, **“Contrapartida”** e **“PRODES”**; **“Objetivo do Empreendimento”** → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,2703; **“Contrapartida”** → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,034; **“PRODES”** → por analogia com o índice de preferência de A2 sobre A1 = 0,162; Somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A2 sobre A10 = 0,466;

#### Índice de preferência de A2 sobre A11

Vão entrar os critérios **“Objetivo do Empreendimento”**, **“Gestão Municipal”** e **“PRODES”**; **“Objetivo do Empreendimento”** → tal como na preferência imediatamente anterior = 0,2703; **“Gestão Municipal”** → tal como na preferência de A2 sobre A9 = 0,1892; **“PRODES”** → tal como na preferência de A2 sobre A1 = 0,162; somando as três parcelas,

vem que o índice de preferência de A2 sobre A11 = 0,6215;

#### **Índice de preferência de A2 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**”, “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 =  $0,1351 * 0,35 = 0,047$ ; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 =  $0,2432 * 1 = 0,2432$ ; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A11 = 0,1892; “**PRODES**” → tal como na preferência de A2 sobre A1 = 0,162; somando as quatro parcelas, vem que o índice de preferência de A2 sobre A12 = 0,6414;

**Índice de preferência de A2 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,6414;

#### **Índice de preferência de A2 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 =  $0,1351 * 0,5 = 0,068$ ; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A13 = 0,1892; “**PRODES**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A1 = 0,162; somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A2 sobre A14 = 0,419;

### **SEGUNDA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A3 sobre A2**

**Só entra o critério “Gestão Municipal”** → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1892;

**Índice de preferência de A4 sobre A2** → não existe nenhum critério para o qual A4 seja melhor que A2 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A7 sobre A2**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 24,32\% = 0,2432$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 – 4,5); **critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=1**; como o valor da diferença entre as duas alternativas é, em módulo, inferior a p =>  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,5 / 1 = 0,5$ ; aplicando a fórmula  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A_7, A_2) = 0,2434 * 0,5 = 0,122$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A2** → idêntico ao anterior = 0,122;



**Índice de preferência de A9 sobre A2** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A2 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

### **TERCEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A3 sobre A4**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1892;

**Índice de preferência de A3 sobre A5** → idêntico ao anterior = 0,1892;

**Índice de preferência de A3 sobre A6** → idêntico ao anterior = 0,1892;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1892;

**Índice de preferência de A3 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,1892;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A9**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A9 = 0,1892;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A10**

Vão entrar “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,034; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,1892; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A3 sobre A10 = 0,223;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 = 0,1892;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão**

**Municipal**”; **“Contrapartida”** → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 =  $0,1351 * 0,35 = 0,047$ ; **“Tipo de Empreendimento”** por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 =  $0,2432$ ; **“Gestão Municipal”** por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 =  $0,1892$ ; somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A3 sobre A12 =  $0,479$ ;

**Índice de preferência de A3 sobre A13** → idêntico ao anterior =  $0,479$ ;

**Índice de preferência de A3 sobre A14**

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”** e **“Gestão Municipal”**; **“Contrapartida”** → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 =  $0,1351 * 0,5 = 0,068$ ; **“Gestão Municipal”** → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 =  $0,1892$ ; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A3 sobre A14 =  $0,257$ ;

### **TERCEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A4 sobre A3**

Só vai entrar o critério **“Objetivo do Empreendimento”** → por semelhança com a preferência de A2 sobre A3 =  $0,2703$ ;

**Índice de preferência de A5 sobre A3** → idêntico ao anterior =  $0,2703$ ;

**Índice de preferência de A6 sobre A3** → idêntico ao anterior =  $0,2703$ ;

**Índice de preferência de A7 sobre A3**

Vão entrar os critérios **“Tipo de Empreendimento”** e **“Objetivo do Empreendimento”**; **“Tipo de Empreendimento”** → por semelhança com a preferência de A7 sobre A2 =  $0,122$ ; **“Objetivo do Empreendimento”** → por semelhança com a preferência de A2 sobre A3 =  $0,2703$ ; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A7 sobre A3 =  $0,392$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A3** → idêntico ao anterior =  $0,392$ ;

**Índice de preferência de A9 sobre A3**

Só vai entrar o critério **“Objetivo do Empreendimento”** → por semelhança com a preferência de A4 sobre A3 =  $0,2703$ ;

**Índice de preferência de A10 sobre A3** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A10 seja melhor que A3 =  $> 0$  (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A3** → pelos mesmos motivos =  $0$  (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A3**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A4 sobre A3 = 0,2703;

**Índice de preferência de A13 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,2703

**Índice de preferência de A14 sobre A3** → por igualdade de situação = 0,2703

#### **QUARTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A4 sobre A5** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho uma que a outra segundo todos os critérios → 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A6** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A7 =  $0,1892 * 0,5 = 0,095$ ;

**Índice de preferência de A4 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,095;

**Índice de preferência de A4 sobre A9**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A9 = 0,1892;

**Índice de preferência de A4 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Contrapartida**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,2703; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,034; = 0,162; Somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A4 sobre A10 = 0,304;

**Índice de preferência de A4 sobre A11**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → tal como na preferência de A4 sobre A10 = 0,2703; “**Gestão Municipal**” → tal como na preferência de A4 sobre A9 = 0,1892; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A4 sobre A11 = 0,4595;

**Índice de preferência de A4 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A3 sobre A12 = 0,047; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A3 sobre A12

= 0,2432; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A12 = 0,1892; somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A4 sobre A12 = 0,479;

**Índice de preferência de A4 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,479;

**Índice de preferência de A4 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” →

→ por semelhança com a preferência de A3 sobre A14 = 0,068; “**Gestão Municipal**” por semelhança com a preferência de A2 sobre A14 = 0,1892; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A4 sobre A14 = 0,257;

#### **QUARTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A5 sobre A4** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho segundo todos os critérios → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A7 sobre A4**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A3 = 0,122;

**Índice de preferência de A8 sobre A4** → idêntico ao anterior = 0,122;

**Índice de preferência de A9 sobre A4** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A4 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **QUINTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Importante:** Como os índices de desempenho da alternativa A5 são exatamente iguais, seja qual for o critério, aos da alternativa A4, então os índices de preferência da 5ª linha da matriz de índices de preferência serão iguais aos respectivos índices da 4ª linha, e os índices de preferência da 5ª coluna serão iguais aos respectivos índices da 4ª coluna. Então tem-se que:

Índice de preferência de A5 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A5 sobre A7  $\rightarrow = 0,095$ ;

Índice de preferência de A5 sobre A8  $\rightarrow = 0,095$ ;

Índice de preferência de A5 sobre A9  $\rightarrow = 0,1892$ ;

Índice de preferência de A5 sobre A10  $\rightarrow = 0,304$ ;

Índice de preferência de A5 sobre A11  $\rightarrow = 0,4595$ ;

Índice de preferência de A5 sobre A12  $\rightarrow = 0,479$ ;

Índice de preferência de A5 sobre A13  $\rightarrow = 0,479$ ;

Índice de preferência de A5 sobre A14  $\rightarrow = 0,257$ ;

#### **QUINTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Pelos motivos expostos anteriormente esses valores vêm iguais a:

Índice de preferência de A6 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A7 sobre A5  $\rightarrow = 0,122$ ;

Índice de preferência de A8 sobre A5  $\rightarrow = 0,122$ ;

Índice de preferência de A9 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A10 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A11 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A12 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A13 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A14 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

#### **SEXTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Nota:** Cpelos mesmos motivos do anteriormente exposto, os índices de preferência da 6ª linha da matriz serão iguais aos respectivos índices da 5ª linha (e da 4ª também), e os índices de preferência da 6ª coluna serão iguais aos respectivos índices da 5ª coluna (e da 4ª também). Assim, tem-se:

Índice de preferência de A6 sobre A7  $\rightarrow = 0,095$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A8  $\rightarrow = 0,095$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A9  $\rightarrow = 0,1892$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A10  $\rightarrow = 0,304$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A11  $\rightarrow = 0,4595$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A12  $\rightarrow = 0,479$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A13  $\rightarrow = 0,479$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A14  $\rightarrow = 0,257$ ;

#### **SEXTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Índice de preferência de A7 sobre A6  $\rightarrow = 0,122$ ;

Índice de preferência de A8 sobre A6  $\rightarrow = 0,122$ ;

Índice de preferência de A9 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A10 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A11 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A12 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A13 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A14 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

#### **SÉTIMA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Índice de preferência de A7 sobre A8  $\rightarrow$  as duas alternativas têm exatamente os mesmos níveis de desempenho segundo todosos critérios  $\rightarrow 0$  (zero);

#### **Índice de preferência de A7 sobre A9**

Vão entrar os critérios “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Tipo de Empreendimento**” peso do critério = 24,32% = 0,2432; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 - 4,5); **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com **p=1**; como neste caso a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, inferior a p  $\Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,5 / 1 = 0,5$ ; “**Gestão Municipal**”  $\rightarrow$  por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1892; aplicando a fórmula  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A_7, A_9) = 0,2432 * 0,5 + 0,1892 * 1 = 0,311$ ;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Contrapartida**” e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Objetivo do Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,2703; “**Contrapartida**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,034; “**Tipo de Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A7 sobre A9 = 0,2432 \* 0,5 = 0,1216; Somando as três parcelas,

vem que o índice de preferência de A7 sobre A10 = 0,426;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A11**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A2 sobre A3 = 0,2703; “**Tipo de Empreendimento**” por com a preferência de A7 sobre A10 = 0,1216; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1892; Somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A7 sobre A11 = 0,581;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,1351 \* 0,35 = 0,047; “**Tipo de Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 24,32\% = 0,2432$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 3 (=5 - 2); **Critério do tipo II (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1$ ; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1892; aplicando a fórmula  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A_7, A_{12}) = 0,047 + 0,2432 * 1 + 0,1892 = 0,479$ ;

**Índice de preferência de A7 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,479;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A14 = 0,068; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A7 sobre A9 = 0,1216; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1892; somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A7 sobre A14 = 0,379;

### **SÉTIMA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A8 sobre A7** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho segundo todos os critérios → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A9 sobre A7** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A7 → = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A10 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança da preferência de A4

sobre A7 = 0,095;

**Índice de preferência de A11 sobre A7** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A7 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

### **OITAVA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A8 sobre A9**

Vão entrar os critérios “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Tipo de Empreendimento**” peso do critério = 24,32% = 0,2432; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 - 4,5); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=1**; como neste caso a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, inferior a p =>  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,5 / 1 = 0,5$ ; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1892; aplicando a fórmula  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A_7, A_9) = 0,2432 * 0,5 + 0,1892 * 1 = 0,311$ ;

#### **Índice de preferência de A8 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Contrapartida**” e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,2703; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,034; “**Tipo de Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A7 sobre A9 = 0,2432 \* 0,5 = 0,1216; Somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A8 sobre A10 = 0,426;

#### **Índice de preferência de A8 sobre A11**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A8 sobre A10 = 0,2703; “**Tipo de Empreendimento**” → por com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1216; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1892; Somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A8 sobre A11 = 0,581;

**Índice de preferência de A8 sobre A12** → idêntico ao índice de preferência de A7 sobre A12 = 0,479;



**Índice de preferência de A8 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,479;

**Índice de preferência de A8 sobre A14** → idêntico ao índice de preferência de A7 sobre A14 = 0,379;

#### **OITAVA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A9 sobre A8** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A8 → = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A10 sobre A8**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança da preferência de A2 sobre A7 = 0,095;

**Índice de preferência de A11 sobre A8** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A8 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A8** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A8** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A8** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

#### **NONA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A9 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Contrapartida**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A8 sobre A10 = 0,2703; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A8 sobre A10 = 0,034; Somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A9 sobre A10 = 0,304;

#### **Índice de preferência de A9 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,2703;

#### **Índice de preferência de A9 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,047; “**Tipo de Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,2432; Somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A9 sobre A12 = 0,290;

**Índice de preferência de A9 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,290;

**Índice de preferência de A9 sobre A14** → só entra o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 =  $0,1351 * 0,5 = 0,068$ ;

#### **NONA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A10 sobre A9** → só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A9 =  $0,1892$ ;

**Índice de preferência de A11 sobre A9** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A9 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

#### **DÉCIMA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A10 sobre A11** → só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A11 =  $0,1892$ ;

#### **Índice de preferência de A10 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,51\% = 0,1351$ ; a diferença relativa de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a  $(35\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 0,1$ ; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A1 sobre A12 =  $0,2432$ ; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A10 sobre A11 =  $0,1892$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi ( A_{10}, A_{12} ) = 0,1351 * 0,1 + 0,2432 + 0,1892 = 0,446$ ;

**Índice de preferência de A10 sobre A13** → idêntico ao anterior =  $0,446$ ;

#### **Índice de preferência de A10 sobre A14**

Vão entrar “**Contrapartida**”, e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 =  $0,034$ ; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 =  $0,1892$ ; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A10 sobre A14 =  $0,223$ ;

#### **DÉCIMA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A11 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 =  $0,034$ ;

### **Índice de preferência de A12 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A3 = 0,2703;

**Índice de preferência de A13 sobre A10** → idêntico ao anterior = 0,2703;

### **Índice de preferência de A14 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,2703;

## **DÉCIMA PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

### **Índice de preferência de A11 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 =  $0,1351 * 0,35 = 0,047$ ; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,2432; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A11 sobre A12 = 0,290;

**Índice de preferência de A11 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,290;

### **Índice de preferência de A11 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A14 = 0,068;

## **DÉCIMA PRIMEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

### **Índice de preferência de A12 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 = 0,2703;

**Índice de preferência de A13 sobre A11** → idêntico ao anterior = 0,2703;

### **Índice de preferência de A14 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 = 0,2703;

## **DÉCIMA SEGUNDA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A12 sobre A13** → as duas alternativas têm os mesmos índices de desempenho uma que a outra em relação a todos os critérios → 0 (zero);

### **Índice de preferência de A12 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → para maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,51\% = 0,1351$ ; a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(33\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 0,03 / 0,20 = 0,15$ ; aplicando a fórmula  $\Pi ( a_i , a_k ) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j ( d_{i,k} )$ , que neste caso vem  $\Pi (A_{12}, A_{14}) = 0,1351 * 0,15 = 0,020$ ;

**DÉCIMA SEGUNDA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A13 sobre A12** → as duas alternativas têm os mesmos índices de desempenho uma que a outra em relação a todos os critérios → 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A12**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,243;

**DÉCIMA TERCEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A13 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A12 sobre A14 = 0,020;

**DÉCIMA TERCEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A14 sobre A13** → só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A13 = 0,243;

Pode-se então montar a matriz de índices de preferência da figura 239, correspondente ao **Cenário I (Decisor 1)**

**Nota:** tomam-se os valores até a terceira casa decimal.

| MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
|                                  | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A10   | A11    | A12   | A13   | A14   |
| A1                               | 0     | 0,189 | 0,27  | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,493 | 0,4595 | 0,48  | 0,48  | 0,257 |
| A2                               | 0,162 | 0     | 0,432 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,257 | 0,257 | 0,351 | 0,466 | 0,6215 | 0,641 | 0,641 | 0,419 |
| A3                               | 0     | 0,189 | 0     | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,223 | 0,189  | 0,479 | 0,479 | 0,257 |
| A4                               | 0     | 0     | 0,27  | 0     | 0     | 0     | 0,095 | 0,095 | 0,189 | 0,304 | 0,4595 | 0,479 | 0,479 | 0,257 |
| A5                               | 0     | 0     | 0,27  | 0     | 0     | 0     | 0,095 | 0,095 | 0,189 | 0,304 | 0,4595 | 0,479 | 0,479 | 0,257 |
| A6                               | 0     | 0     | 0,27  | 0     | 0     | 0     | 0,095 | 0,095 | 0,189 | 0,304 | 0,4595 | 0,479 | 0,479 | 0,257 |
| A7                               | 0,122 | 0,122 | 0,392 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0     | 0     | 0,311 | 0,426 | 0,581  | 0,479 | 0,479 | 0,379 |
| A8                               | 0,122 | 0,122 | 0,392 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0     | 0     | 0,311 | 0,426 | 0,581  | 0,479 | 0,479 | 0,379 |
| A9                               | 0     | 0     | 0,27  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,304 | 0,27   | 0,29  | 0,29  | 0,068 |
| A10                              | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,095 | 0,095 | 0,189 | 0     | 0,189  | 0,446 | 0,446 | 0,223 |
| A11                              | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,034 | 0      | 0,29  | 0,29  | 0,068 |
| A12                              | 0     | 0     | 0,27  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,27  | 0,27   | 0     | 0     | 0,02  |
| A13                              | 0     | 0     | 0,27  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,27  | 0,27   | 0     | 0     | 0,02  |
| A14                              | 0     | 0     | 0,27  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,27  | 0,27   | 0,243 | 0,243 | 0     |

Figura 239 – Matriz de índices de preferência, para o Cenário I (Decisor 1), conforme o método PROMETHEE II (Fonte: o pesquisador)

Está-se então em condições de prosseguir para o passo seguinte do método PROMETHEE II, que é o de calcular os fluxos de superação positivos ( $\Phi_i^+$ ) e negativos ( $\Phi_i^-$ ), para cada uma das alternativas.

**Cálculo dos fluxos positivo e negativo para cada uma das alternativas:** tal como referido, existe quem calcule o fluxo positivo para uma alternativa como sendo o resultado da somatória dos elementos da matriz de índices de preferência da **linha** correspondente a essa alternativa, e existe quem o calcule como o valor médio dessa somatória (descontando os elementos iguais a 0 (zero) da diagonal principal da matriz); de modo semelhante existe quem calcule o fluxo negativo para uma alternativa como sendo o resultado da somatória dos elementos da matriz dos índices de preferência da coluna correspondente a essa alternativa, e existe quem o calcule como o valor médio dessa somatória (descontando os elementos iguais a zero da diagonal principal da matriz). No presente caso calcular-se-à de ambas as formas.

**Fluxo positivo para a alternativa A1 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,189 + 0,270 + 0,189 * 6 + 0,493 + 0,4595 + 0,480 * 2 + 0,257 = 3,7625$ ; como média do valor de somatória =  $0,289$  (não esquecer que para essa média o elemento 0 – da diagonal principal não entra);

**Fluxo negativo para a alternativa A1 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,162 + 4 * 0 + 2 * 0,122 + 6 * 0 = 0,406$ ; como média do valor de somatória =  $0,031$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A2 (como resultado de somatória) =**  $0,162 + 0 + 0,432 + 0,162 * 3 + 0,257 * 2 + 0,351 + 0,466 + 0,6215 + 0,641 * 2 + 0,419 = 4,7335$ ; como média do valor de somatória =  $0,3641$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A2 (como resultado de somatória) =**  $0,189 + 0 + 0,189 + 3 * 0 + 2 * 0,122 + 6 * 0 = 0,622$ ; como média do valor de somatória =  $0,0478$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A3 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,189 + 0 + 6 * 0,189 + 0,223 + 0,189 + 2 * 0,479 + 0,257 = 2,95$ ; como média do valor de somatória =  $0,2269$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A3 (como resultado de somatória) =**  $0,270 + 0,432 + 0 + 3 * 0,270 + 2 * 0,392 + 0,270 + 2 * 0 + 3 * 0,270 = 3,376$ ; como média do valor de somatória =  $0,2597$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A4 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,270 + 3 * 0 + 2 * 0,095 + 0,189 + 0,304 + 0,4595 + 2 * 0,479 + 0,257 = 2,6275$ ; como média do valor de somatória =  $0,2021$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A4 (como resultado de somatória) =**  $0,189 +$

$0,162 + 0,189 + 3 * 0 + 2 * 0,122 + 6 * 0 = 0,784$ ; como média do valor de somatória = 0,0603;

**Fluxo positivo para a alternativa A5 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,270 + 3 * 0 + 2 * 0,095 + 0,189 + 0,304 + 0,4595 + 2 * 0,479 + 0,257 = 2,6275$** ; como média do valor de somatória = 0,2021;

**Fluxo negativo para a alternativa A5 (como resultado de somatória) =  $0,189 + 0,162 + 0,189 + 3 * 0 + 2 * 0,122 + 6 * 0 = 0,784$** ; como média do valor de somatória = 0,060;

**Fluxo positivo para a alternativa A6 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,270 + 3 * 0 + 2 * 0,095 + 0,189 + 0,304 + 0,4595 + 2 * 0,479 + 0,257 = 2,6275$** ; como média do valor de somatória = 0,2021;

**Fluxo negativo para a alternativa A6 (como resultado de somatória) =  $0,189 + 0,162 + 0,189 + 3 * 0 + 2 * 0,122 + 6 * 0 = 0,784$** ; como média do valor de somatória = 0,060;

**Fluxo positivo para a alternativa A7 (como resultado de somatória) =  $2 * 0,122 + 0,392 + 3 * 0,122 + 2 * 0 + 0,311 + 0,426 + 0,581 + 2 * 0,479 + 0,379 = 3,657$** ; como média do valor de somatória = 0,2813;

**Fluxo negativo para a alternativa A7 (como resultado de somatória) =  $0,189 + 0,257 + 0,189 + 3 * 0,095 + 3 * 0 + 0,095 + 4 * 0 = 1,015$** ; como média do valor de somatória = 0,078;

**Fluxo positivo para a alternativa A8 (como resultado de somatória) =  $2 * 0,122 + 0,392 + 3 * 0,122 + 2 * 0 + 0,122 + 0,426 + 0,581 + 2 * 0,479 + 0,379 = 3,657$** ; como média do valor de somatória = 0,281;

**Fluxo negativo para a alternativa A8 (como resultado de somatória) =  $0,189 + 0,257 + 0,189 + 3 * 0,095 + 3 * 0 + 0,095 + 4 * 0 = 1,015$** ; como média do valor de somatória = 0,078;

**Fluxo positivo para a alternativa A9 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,27 + 6 * 0 + 0,304 + 0,27 + 2 * 0,29 + 0,068 = 1,492$** ; como média do valor de somatória = 0,115;

**Fluxo negativo para a alternativa A9 (como resultado de somatória) =  $0,189 + 0,351 + 4 * 0,189 + 2 * 0,311 + 0,122 + 0 + 0,189 + 4 * 0 = 2,107$** ; como média do valor de somatória = 0,1621;

**Fluxo positivo para a alternativa A10 (como resultado de somatória) =  $6 * 0 + 2 * 0,095 + 0,189 + 0 + 0,189 + 2 * 0,446 + 0,223 = 1,683$** ; como média do valor de somatória = 0,1295;

**Fluxo negativo para a alternativa A10 (como resultado de somatória) =**  $0,493 + 0,466 + 0,223 + 3 * 0,304 + 2 * 0,426 + 0,304 + 0 + 0,034 + 3 * 0,270 = 4,094$ ; como média do valor de somatória = 0,3149;

**Fluxo positivo para a alternativa A11 (como resultado de somatória) =**  $9 * 0 + 0,034 + 0 + 2 * 0,290 + 0,068 = 0,682$ ; como média do valor de somatória = 0,0525;

**Fluxo negativo para a alternativa A11 (como resultado de somatória) =**  $0,4595 + 0,6215 + 0,189 + 3 * 0,4595 + 2 * 0,581 + 0,270 + 0,189 + 0 + 3 * 0,270 = 5,0795$ ; como média do valor de somatória = 0,3907;

**Fluxo positivo para a alternativa A12 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,270 + 6 * 0 + 2 * 0,270 + 2 * 0 + 0,020 = 0,83$ ; como média do valor de somatória = 0,0638;

**Fluxo negativo para a alternativa A12 (como resultado de somatória) =**  $0,480 + 0,641 + 6 * 0,479 + 0,290 + 0,446 + 0,290 + 2 * 0 + 0,243 = 5,264$ ; como média do valor de somatória = 0,4049;

**Fluxo positivo para a alternativa 13 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,270 + 6 * 0 + 2 * 0,270 + 2 * 0 + 0,020 = 0,83$ ; como média do valor de somatória = 0,0638;

**Fluxo negativo para a alternativa A13 (como resultado de somatória) =**  $0,480 + 0,641 + 6 * 0,479 + 0,290 + 0,446 + 0,290 + 2 * 0 + 0,243 = 5,264$ ; como média do valor de somatória = 0,4049;

**Fluxo positivo para a alternativa A14 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,270 + 6 * 0 + 2 * 0,270 + 2 * 0,243 + 0 = 1,296$ ; como média do valor de somatória = 0,0997;

**Fluxo negativo para a alternativa A14 (como resultado de somatória) =**  $0,257 + 0,419 + 4 * 0,257 + 2 * 0,379 + 0,068 + 2 * 0,020 + 0 = 2,861$ ; como média do valor de somatória = 0,2201;

Desta forma, está-se em condições de prosseguir para o passo seguinte do método PROMETHEE II, que é o de **calcular os fluxos líquidos para cada uma das alternativas**. Pode-se fazê-lo como somatória ou como média de somatória. Na tese, a autora preferiu trabalhar com as médias de somatória, e é o que se fará no presente texto.

$$\text{Fluxo Líquido} = \emptyset_i^+ - \emptyset_i^-$$

$$\text{Fluxo líquido para a alternativa A1} = ( 0,289 - 0,031 ) = 0,258 \sim 0,26$$

$$\text{Fluxo líquido para a alternativa A2} = ( 0,3641 - 0,0478 ) = 0,3163 \sim 0,32$$

$$\text{Fluxo líquido para a alternativa A3} = ( 0,2269 - 0,260 ) = - 0,0331 \sim - 0,03$$

Fluxo líquido para a alternativa A4 = ( 0,2021 – 0,0603 ) = 0,1418 ~ 0,14

Fluxo líquido para a alternativa A5 = ( 0,2021 – 0,060 ) = 0,1421 ~ 0,14

Fluxo líquido para a alternativa A6 = ( 0,2021 – 0,060 ) = 0,1421 ~ 0,14

Fluxo líquido para a alternativa A7 = ( 0,2813 – 0,078 ) = 0,2033 ~ 0,20

Fluxo líquido para a alternativa A8 = ( 0,281 – 0,078 ) = 0,203 ~ 0,20

Fluxo líquido para a alternativa A9 = ( 0,115 – 0,1621 ) = - 0,0471 ~ - 0,05

Fluxo líquido para a alternativa A10 = ( 0,129 – 0,315 ) = - 0,186 ~ - 0,19

Fluxo líquido para a alternativa A11 = ( 0,0525 – 0,3907 ) = - 0,3382 ~ - 0,34

Fluxo líquido para a alternativa A12 = ( 0,0638 – 0,405 ) = - 0,3412 ~ - 0,34

Fluxo líquido para a alternativa A13 = ( 0,0638 – 0,405 ) = - 0,3412 ~ - 0,34

Fluxo líquido para a alternativa A14 = ( 0,0997 – 0,220 ) = - 0,1203 ~ - 0,12

Existem algumas ligeiras diferenças entre os valores a que o chegou e aqueles a que a autora chegou na sua tese. Assim, esta última chegou à seguinte sucessão de valores para os fluxos líquidos das alternativas, desde A1 até A14: 0,28; 0,34; -0,01; 0,17; 0,17; 0,17; 0,23; 0,23; -0,02; -0,25; -0,31; -0,41; -0,41; -0,19). A autora apresenta esses valores sob a forma de um gráfico de barras.

Pode-se então passar à **ordenação das alternativas** para o decisor 1 (= Cenário 1 ), apresentada na figura 240.

|     | Ø+ MÉDIO | Ø- MÉDIO | Ø LÍQUO MÉDIO | ORDEM |
|-----|----------|----------|---------------|-------|
| A1  | 0,289    | -0,031   | 0,26          | 2º    |
| A2  | 0,364    | -0,048   | 0,32          | 1º    |
| A3  | 0,277    | -0,26    | -0,03         | 8º    |
| A4  | 0,202    | -0,06    | 0,14          | 5º    |
| A5  | 0,202    | -0,06    | 0,14          | 5º    |
| A6  | 0,202    | -0,06    | 0,14          | 5º    |
| A7  | 0,281    | -0,078   | 0,2           | 3º    |
| A8  | 0,281    | -0,078   | 0,2           | 3º    |
| A9  | 0,115    | -0,1621  | -0,05         | 9º    |
| A10 | 0,129    | -0,315   | -0,19         | 11º   |
| A11 | 0,0525   | -0,391   | -0,34         | 12º   |
| A12 | 0,064    | -0,405   | -0,34         | 12º   |
| A13 | 0,064    | -0,405   | -0,34         | 12º   |
| A14 | 0,1      | -0,22    | -0,12         | 10º   |

Figura 240 – Ordenamento das alternativas para o Decisor 1 – Cenário I (Fonte: o pesquisador)



Comentários: os valores obtidos pelo pesquisador, embora com ligeiras diferenças em relação àqueles obtidos pela autora na tese (diferença da ordem das centésimas) conferem com o ordenamento que consta para o Decisor 1 (Cenário I) na mesma.

**Cálculo dos índices de preferência de cada alternativa sobre as restantes, e para o Cenário II (Decisor 2):** em função dos respectivos níveis de desempenho para cada um dos critérios.

**Importante: Não esquecer que as funções de preferência e os pesos mudam**  
**PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A1 sobre A2**

Para o índice de preferência de A1 sobre A2 só entra o critério “Gestão Municipal”; **critério a maximizar**; peso do critério = 18,75% = 0,1875; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 2; **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=1**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo,  $> p \Rightarrow S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k})=1$ ; usando a expressão  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A1, A2) = 0,1875 * 1 = 0,1875$ ;

**Índice de preferência de A1 sobre A3**

Só vai entrar o critério “Objetivo do Empreendimento”; **critério a maximizar**; peso do critério = 31,25% = 0,3125; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1; **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p = 1**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo  $> p \Rightarrow S_j(d_{i,k})=1$ ; aplicando a expressão  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A1, A3) = 0,3125$ ;

**Índice de preferência de A1 sobre A4**

Só vai entrar o critério “Gestão Municipal” → **critério a maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1892$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=1**; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2; como essa diferença é, em módulo,  $> p = > S_j(A1, A4) = S_j(dA1,A4) = 1$ ; aplicando a expressão  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A1, A4) = 0,1875$ ;

**Índice de preferência de A1 sobre A5**

Só vai entrar o critério “Gestão Municipal” → idêntico à preferência de A1 sobre A4  $\Rightarrow \Pi(A1, A5) = 0,1875$ ;

**Índice de preferência de A1 sobre A6**

**Exatamente o mesmo que os índices de preferência de A1 sobre A4 e de A1 sobre A5** →  $\Pi(A1, A6) = 0,1875$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A7

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → critério a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1875$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=5 - 2$ ); como essa diferença é, em módulo, superior a  $p (=1) \Rightarrow S_j (A_1, A_7) = S_j (dA_1, A_7) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_7) = 0,1875 * 1 = 0,1875$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A8

Idêntico à alternativa anterior  $\Rightarrow \Pi (A_1, A_8) = 0,1875$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A9

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → critério a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1875$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); como **essa** diferença é, em módulo, superior a  $p (=1) \Rightarrow S_j (A_1, A_9) = S_j (dA_1, A_9) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_9) = 0,1875 * 1 = 0,1875$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A10

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”; “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → a **maximizar**; peso do critério =  $0,3125$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=5 - 4$ ); como essa diferença é igual a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{10}) = S_j (dA_1, A_{10}) = 1 \Rightarrow 0,3125\% * 1 = 0,3125$ ; “**Contrapartida**” → a **maximizar**; peso do critério =  $25\% = 0,25$ ; a diferença relativa de valores entre as duas alternativas é  $= (40\% - 35\%) / (40\% - 20\%) = 5\% / 20\% = 0,25$ ; Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=3$ ; como a diferença entre os valores das 2 alternativas é, em módulo, inferior a  $p \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,0833 \Rightarrow 0,25 * 0,0833 = 0,0208$ ; “**Gestão Municipal**”; a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,1875$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2 ( $=5 - 3$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{10}) = S_j (dA_1, A_{10}) = 1 \Leftrightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; somando as 3 parcelas vem  $\Rightarrow \Pi (A_1, A_{10}) = 0,3125 + 0,0208 + 0,1875 = 0,5208$ ;

### Índice de preferência de A1 sobre A11

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → a **maximizar**; peso do critério =  $0,3125$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=5 - 4$ ); como essa diferença é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{11}) =$

$S_j (dA_1, A_{11}) = 1 \rightarrow 0,3125 * 1 = 0,3125$ ; “**Gestão Municipal**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1875$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=1$** ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p = > S_j (A_1, A_{11}) = S_j (dA_1, A_{11}) = 1 \rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; somando as duas parcelas vem  $\Pi (A_1, A_{11}) = 0,3125 + 0,1875 = 0,5$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A12

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 25\% = 0,25$ ; a diferença relativa de desempenhos entre as duas alternativas para o critério é:  $= (40\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 7\% / 20\% = 0,07/0,2 = 0,35$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=3$** ; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,117 \Rightarrow 0,25 * 0,117 = 0,0292$ ; “**Tipo de Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério =  $18,75\% = 0,1875$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2,5 ( $=4,5 - 2$ ); **Critério do tipo II (função do tipo “U”), com  $q=0,5$  e  $p=1$** ; como neste caso a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (A_1, A_{12}) = S_j (dA_1, A_{12}) = 1 \rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; “**Gestão Municipal**”; a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1875$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=1$** ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p = > S_j (A_1, A_{12}) = S_j (dA_1, A_{12}) = 1 \rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; somando as 3 parcelas vem  $\rightarrow \Pi (A_1, A_{12}) = 0,0292 + 0,1875 + 0,1875 = 0,4042$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A13

Idêntico à alternativa anterior  $\Rightarrow \Pi (A_1, A_{13}) = 0,4042$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A14

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 25\% = 0,25$ ; a diferença relativa de desempenhos entre as duas alternativas para o critério é:  $= (40\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 0,5$ ; **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=3$** ; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,1667 \Rightarrow 0,25 * 0,1667 = 0,0417$ ; “**Gestão Municipal**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,1875$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=1$** ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p = > S_j (A_1, A_{14}) = S_j (dA_1, A_{14}) = 1 \rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; somando as duas parcelas vem  $\rightarrow \Pi (A_1, A_{14}) = 0,0417 + 0,1875 = 0,2292$ ;

## **PRIMEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

### **Índice de preferência de A2 sobre A1**

Só vai entrar o critério “PRODES” → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 6,25\% = 0,0625$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $1 - 0$ ); Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com  $q=0$  e  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é igual a  $p \Rightarrow S_j (A_2, A_1) = S_j (d_{A_2,A_1}) = 1 \rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625 \rightarrow \Pi (A_2, A_1) = 0,0625$ ;

**Índice de preferência de A3 sobre A1:** não existe nenhum critério para o qual a alternativa A3 seja melhor (tenha preferência sobre) a alternativa A1 = > o índice de preferência de A3 sobre A1 é = 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A1:** pelos mesmo motivos que no caso anterior = > o índice de preferência da alternativa A4 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A1:** pelos mesmo motivos = > o índice de preferência da alternativa A5 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A1:** pelos mesmo motivos = > o índice de preferência da alternativa A6 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

### **Índice de preferência de A7 sobre A1**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 18,75\% = 0,1875$ ; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 ( $=5 - 4,5$ ); **Critério do tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q= 0,5$  e  $p=1$ ; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, “ainda é” igual a  $q$  (está mesmo no ponto/transição entre as “zonas”/regiões)  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) =$  ainda é igual a 0 (zero) →  
→  $\Pi (A_7, A_1) = 0$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A1** → idêntico ao anterior = 0;

**Índice de preferência de A9 sobre A1** → Não há nenhum critério para o qual A9 seja melhor que A1  $\Rightarrow \Pi (A_9, A_1) = 0$  (zero)

**Índice de preferência de A10 sobre A1** → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{10}, A_1) = 0$

**Índice de preferência de A11 sobre A1** → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{11}, A_1) = 0$

**Índice de preferência de A12 sobre A1** → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{12}, A_1) = 0$

**Índice de preferência de A13 sobre A1** → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{13}, A_1) = 0$

**Índice de preferência de A14 sobre A1** → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{14}, A_1) = 0$

## **SEGUNDA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

### **Índice de preferência de A2 sobre A3**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**” e “**PRODES**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério = 31,25% (=0,3125); a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com **p=1**; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a p =>  $S_j(d_{i,k}) = 1 \rightarrow 0,3125 * 1 = 0,3125$ ; “**PRODES**” → a maximizar; peso do critério = 6,25% = 0,0625; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com **q=0 e p=1**; como a diferença entre valores das duas alternativas é igual a p =>  $S_j(d_{i,k}) = 1 \rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625$ ; somando as duas parcelas vem que  $\Pi(A_2, A_3) = 0,3125 + 0,0625 = 0,375$ ;

### **Índice de preferência de A2 sobre A4**

Só vai entrar o critério “**PRODES**” → a maximizar; peso do critério = 6,25% = 0,0625; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com **q=0 e p=1**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a p =>  $S_j(d_{i,k}) = 1 \rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625 \rightarrow \Pi(A_2, A_4) = 0,0625$ ;

**Índice de preferência de A2 sobre A5** → idêntico ao anterior = 0,0625;

**Índice de preferência de A2 sobre A6** → idêntico ao anterior = 0,0625;

### **Índice de preferência de A2 sobre A7**

Vão entrar os critérios “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Gestão Municipal**” → a maximizar; peso = 18,75% = 0,1875; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=3 – 2); **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com **p=1**; como neste caso a diferença entre as duas alternativas, em módulo, igual a p =>  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; “**PRODES**” → a maximizar; peso do critério = 6,25% = 0,0625; a diferença entre os valores das duas alternativas é, **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com **q=0 e p=1**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a p =>  $S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625$ ; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi(A_2, A_7) = 0,1875 + 0,0625 = 0,25$ ;

**Índice de preferência de A2 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,25;

### **Índice de preferência de A2 sobre A9**

Vão entrar os critérios “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Gestão Municipal**” → a maximizar; peso do critério = 18,75% = 0,1875; a diferença entre os valores das duas

alternativas é, em módulo igual a 3 ( $=3 - 0$ ); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; **“PRODES”** → a **maximizar**; peso do critério =  $6,25\% = 0,0625$ ; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=1 - 0$ ); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q = 0$  e  $p=1$ ; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625$ ; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_2, A_9) = 0,1875 + 0,0625 = 0,25$

#### Índice de preferência de A2 sobre A10

Vão entrar os critérios **“Objetivo do Empreendimento”**, **“Contrapartida”** e **“PRODES”**; **“Objetivo do Empreendimento”** → a **maximizar**; peso do critério =  $31,25\% = 0,3125$ ; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=5 - 4$ ); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,3125 * 1 = 0,3125$ ; **“Contrapartida”** → a **maximizar**; peso do critério =  $25\% = 0,25$ ; a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(40\% - 35\%) / (40\% - 20\%) = 5\% / 20\% = 0,25$ ; **Critério do Tipo II (função do tipo “V”)**, com  $p=3$ ; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,0833 \Rightarrow 0,25 * 0,0833 = 0,0208$ ; **“PRODES”** → a **maximizar**; peso do critério =  $6,25\% = 0,0625$ ; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=1 - 0$ ); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q=0$  e  $p=1$ ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625$ ; somando as 3 parcelas, vem que  $\Pi (A_2, A_{10}) = 0,3125 + 0,0208 + 0,0625 = 0,3958$

#### Índice de preferência de A2 sobre A11

Vão entrar os critérios **“Objetivo do Empreendimento”**, **“Gestão Municipal”** e **“PRODES”**; **“Objetivo do Empreendimento”** → a **maximizar**; peso do critério =  $31,25\% = 0,3125$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=5 - 4$ ); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,3125 * 1 = 0,3125$ ; **“Gestão Municipal”** → a **maximizar**; peso do critério =  $18,75\% = 0,1875$ ; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=3 - 0$ ); **Critério do Tipo III (função do Tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; **“PRODES”** → a **maximizar**; peso do critério =  $6,25\% = 0,0625$ ; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=1 - 0$ ); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q=0$  e  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,0625 * 1 =$

0,0625; somando as 3 parcelas, vem que  $\Pi (A_2, A_{11}) = 0,3125 + 0,1875 + 0,0625 = 0,5625$ ;

#### Índice de preferência de A2 sobre A12

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**”, “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso = 25% = 0,25; a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(40\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 7\% / 20\% = 0,35$ ; **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=3$ ; como a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,1167 \Rightarrow 0,25 * 0,1167 = 0,0292$ ; “**Tipo de Empreendimento**” → a maximizar; peso = 18,75% = 0,1875; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 2,5 ( $=4,5 - 2$ ); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q=0,5$  e  $p=1$ ; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; “**Gestão Municipal**” → a maximizar; peso = 18,75% = 0,1875; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=3 - 0$ ); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, maior que  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; “**PRODES**” → a maximizar; peso = 6,25% = 0,0625; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=1 - 0$ ); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q=0$  e  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625$ ; somando as quatro parcelas, vem que  $\Pi (A_2, A_{12}) = 0,0292 + 0,1875 + 0,1875 + 0,0625 = 0,4667$ ;

Índice de preferência de A2 sobre A13 → idêntico ao anterior = 0,4667;

#### Índice de preferência de A2 sobre A14

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso = 25% = 0,25; a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(40\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 10\% / 20\% = 0,5$ ; **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=3$ ; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,1667 \Rightarrow 0,25 * 0,1667 = 0,0417$ ; “**Gestão Municipal**” → a maximizar; peso = 18,75% = 0,1875; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=3 - 0$ ); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, maior que  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; “**PRODES**” → a maximizar; peso = 6,25% = 0,0625; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=1 - 0$ ); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q=0$  e  $p=1$ ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,0625 * 1 = 0,0625$ ; somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_2, A_{14}) = 0,0417 + 0,1875 + 0,0625 =$

0,2917;

### SEGUNDA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

#### **Índice de preferência de A3 sobre A2**

Só entra o critério “Gestão Municipal” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1875;

**Índice de preferência de A4 sobre A2** → não existe nenhum critério para o qual A4 seja melhor que A2 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A7 sobre A2**

Só vai entrar o critério “Tipo de Empreendimento” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 18,75\% = 0,1875$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 ( $=5 - 4,5$ ); **critério do tipo II (função do tipo “U”), com  $q=0,5$  e  $p=1$** ; como o valor da diferença entre as duas alternativas ainda é igual a  $q$  (está exatamente numa zona/região limite/de transição)  $\Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 0 \Rightarrow \Pi(A_7, A_2) = 0$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A2** → idêntico ao anterior = 0;

**Índice de preferência de A9 sobre A2** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A2 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

### TERCEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

#### **Índice de preferência de A3 sobre A4**

Só vai entrar o critério “Gestão Municipal” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,1875;

**Índice de preferência de A3 sobre A5** → idêntico ao anterior = 0,1875;

**Índice de preferência de A3 sobre A6** → idêntico ao anterior = 0,1875;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A7**



Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A7 = 0,1875;

**Índice de preferência de A3 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,1875;

**Índice de preferência de A3 sobre A9**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A9 = 0,1875;

**Índice de preferência de A3 sobre A10**

Vão entrar “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,0208; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,1875; somando as duas parcelas, vem que o índice de preferência de A3 sobre A10 = 0,2083;

**Índice de preferência de A3 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 = 0,1875;

**Índice de preferência de A3 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, → “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,0292; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,1875; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,1875; somando as três parcelas, vem que o índice de preferência de A3 sobre A12 =  $0,0292 + 0,1875 + 0,1875 = 0,4042$ ;

**Índice de preferência de A3 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,4042;

**Índice de preferência de A3 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 = 0,0417; “**Gestão Municipal**” por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 = 0,1875; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_3, A_{14}) = 0,0417 + 0,1875 = 0,2292$ ;

### TERCEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

**Índice de preferência de A4 sobre A3**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A3 = 0,3125;

**Índice de preferência de A5 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,3125;

**Índice de preferência de A6 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,3125;

**Índice de preferência de A7 sobre A3**

Vão entrar os critérios “**Tipo de Empreendimento**” e “**Objetivo do Empreendimento**”; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A2 = 0; “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A3 = 0,3125; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_7, A_3) = 0,3125 + 0 = 0,3125$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,3125;

**Índice de preferência de A9 sobre A3**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A4 sobre A3 = 0,3125;

**Índice de preferência de A10 sobre A3** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A10 seja melhor que A3 = > 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A3** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A3**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A3 = 0,3125;

**Índice de preferência de A13 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,3125;

**Índice de preferência de A14 sobre A3** → por igualdade de situação = 0,3125;

#### **QUARTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A4 sobre A5** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho uma que a outra segundo todos os critérios → 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A6** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A7 = 0,1875;

**Índice de preferência de A4 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,1875;

**Índice de preferência de A4 sobre A9**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência

de A2 sobre A9 = 0,1875;

#### Índice de preferência de A4 sobre A10

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Contrapartida**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,3125; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,0208; Somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{10}) = 0,3125 + 0,0208 = 0,3333$

#### Índice de preferência de A4 sobre A11

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → tal como na preferência de A1 sobre A11 = 0,3125; “**Gestão Municipal**” → tal como na preferência de A2 sobre A11 = 0,1875; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{11}) = 0,5$ ;

#### Índice de preferência de A4 sobre A12

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,0292; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,1875; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A12 = 0,1875; somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{13}) = 0,4042$ ;

Índice de preferência de A4 sobre A13 → idêntico ao anterior = 0,4042;

#### Índice de preferência de A4 sobre A14

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 = 0,0417; “**Gestão Municipal**” por semelhança com a preferência de A2 sobre A14 = 0,1875; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{14}) = 0,2292$ ;

### QUARTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

Índice de preferência de A5 sobre A4 → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho segundo todos os critérios → 0 (zero);

Índice de preferência de A6 sobre A4 → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### Índice de preferência de A7 sobre A4

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → a maximizar; peso = 18,75% = 0,1875; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 – 4,5); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”)**, com  $q=0,5$  e  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas ainda é (está mesmo num ponto limite/de transição) igual a  $q$

$\Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 0 \Rightarrow \Pi(A_7, A_4) = 0;$

**Índice de preferência de A8 sobre A4** → idêntico ao anterior = 0;

**Índice de preferência de A9 sobre A4** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A4 →  $\Pi(A_9, A_4) = 0;$

**Índice de preferência de A10 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **QUINTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Importante:** Pelos mesmos motivos já descritos anteriormente, quando do Cenário I (Decisor 1), os índices das 5ª e 6ª linhas serão iguais aos respectivos índices da 4ª linha, assim como os índices das 5ª e 6ª colunas serão iguais aos respectivos índices da 4ª coluna. Assim, temos que:

**Índice de preferência de A5 sobre A6** → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A7** → = 0,1875;

**Índice de preferência de A5 sobre A8** → = 0,1875;

**Índice de preferência de A5 sobre A9** → = 0,1875;

**Índice de preferência de A5 sobre A10** → = 0,3333;

**Índice de preferência de A5 sobre A11** → = 0,5;

**Índice de preferência de A5 sobre A12** → = 0,4042;

**Índice de preferência de A5 sobre A13** → = 0,4042;

**Índice de preferência de A5 sobre A14** → = 0,2292;

#### **QUINTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Pelos motivos expostos anteriormente esses valores vêm iguais a:

**Índice de preferência de A6 sobre A5** → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A7 sobre A5** → = 0;

**Índice de preferência de A8 sobre A5** → = 0;

**Índice de preferência de A9 sobre A5** → = 0;

Índice de preferência de A10 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A11 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A12 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A13 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A14 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

#### **SEXTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Nota:** Pelos mesmos motivos do anteriormente expostos, os índices de preferência da 6ª linha da matriz serão iguais aos respectivos índices da 5ª linha (e da 4ª também), e os índices de preferência da 6ª coluna serão iguais aos respectivos índices da 5ª coluna (e da 4ª também). Assim, tem-se:

Índice de preferência de A6 sobre A7  $\rightarrow = 0,1875$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A8  $\rightarrow = 0,1875$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A9  $\rightarrow = 0,1875$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A10  $\rightarrow = 0,3333$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A11  $\rightarrow = 0,5$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A12  $\rightarrow = 0,4042$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A13  $\rightarrow = 0,4042$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A14  $\rightarrow = 0,2292$ ;

#### **SEXTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Índice de preferência de A7 sobre A6  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A8 sobre A6  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A9 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A10 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A11 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A12 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A13 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A14 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

#### **SÉTIMA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Índice de preferência de A7 sobre A8  $\rightarrow$  as duas alternativas têm exatamente os

mesmos níveis de desempenho segundo todos os critérios  $\rightarrow = 0$  (zero);

#### Índice de preferência de A7 sobre A9

Vão entrar os critérios “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Tipo de Empreendimento**”  $\rightarrow$  peso do critério = 18,75% = 0,1875; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 - 4,5); **Critério do tipo II (função do tipo “U”)**, com **q=0,5 e p=1**; como neste caso a diferença entre as duas alternativas ainda é (está justamente no limite, numa zona/região de transição) igual a q  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 0$ ; “**Gestão Municipal**”  $\rightarrow$  a **maximizar**; peso = 18,75% = 0,1875; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 2 (=2 - 0); **Critério do Tipo III (Função do tipo “V”)**, com **q=0 e p=1**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, superior a p  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875 * 1 = 0,1875$ ; somando as duas parcelas vem que  $\Pi (A_7, A_9) = 0 + 0,1875 = 0,1875$ ;

#### Índice de preferência de A7 sobre A10

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Contrapartida**” e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Objetivo do Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,3125; “**Contrapartida**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,0208; “**Tipo de Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A7 sobre A9 = 0; Somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_7, A_{10}) = 0,3125 + 0,0208 + 0 = 0,3333$ ;

#### Índice de preferência de A7 sobre A11

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,3125; “**Tipo de Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com a preferência de A7 sobre A9 = 0; “**Gestão Municipal**”  $\rightarrow$  por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1875; Somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_7, A_{11}) = 0,5$ ;

#### Índice de preferência de A7 sobre A12

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,0292; “**Tipo de Empreendimento**”  $\rightarrow$  a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 18,75\% = 0,1875$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 3 (=5 - 2); **Critério do tipo II (função do tipo “U”)**, com **q=0,5 e p=1**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, superior a p  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1875$ ; “**Gestão Municipal**”  $\rightarrow$  por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1875; somando as

duas parcelas vem que  $\Pi (A_7, A_{12}) = 0,2167$ ;

**Índice de preferência de A7 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,2167;

**Índice de preferência de A7 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A14 = 0,0417; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A7 sobre A9 = 0; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1875; somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_7, A_{14}) = 0,2292$ ;

#### **SÉTIMA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A8 sobre A7** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho segundo todos os critérios → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A9 sobre A7** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A7 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança da preferência de A2 sobre A7 = 0,1875;

**Índice de preferência de A11 sobre A7** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A7 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

#### **OITAVA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Idêntica à sétima linha. Assim tem-se:

**Índice de preferência de A8 sobre A9** =>  $\Pi (A_8, A_9) = 0,1875$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A10** =>  $\Pi (A_8, A_{10}) = 0,3333$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A11** =>  $\Pi (A_8, A_{11}) = 0,5$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A12** =>  $\Pi (A_8, A_{12}) = 0,2167$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,2167;

**Índice de preferência de A8 sobre A14** =>  $\Pi (A_8, A_{14}) = 0,2292$ ;

#### **OITAVA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Idêntica à sétima coluna. Assim tem-se:**

**Índice de preferência de A9 sobre A8** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A8 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A8**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança da preferência de A2 sobre A7 =>  $\Pi (A_{10}, A_8) = 0,1875$ ;

**Índice de preferência de A11 sobre A8** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A8 →  $\Pi (A_{11}, A_8) = 0$  (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A8** → mesmos motivos →  $\Pi (A_{12}, A_8) = 0$ ;

**Índice de preferência de A13 sobre A8** → mesmos motivos →  $\Pi (A_{13}, A_8) = 0$ ;

**Índice de preferência de A14 sobre A8** → mesmos motivos →  $\Pi (A_{14}, A_8) = 0$ ;

#### **NONA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A9 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Contrapartida**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,3125; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,0208; Somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_9, A_{10}) = 0,3333$ ;

**Índice de preferência de A9 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A11 = 0,3125;

**Índice de preferência de A9 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,0292; “**Tipo de Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,1875; Somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_9, A_{12}) = 0,2167$ ;

**Índice de preferência de A9 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,2167;

**Índice de preferência de A9 sobre A14** → só entra o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 =>  $\Pi (A_9, A_{14}) = 0,0417$ ;

#### **NONA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A10 sobre A9** → só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A9 => 0,1875;



**Índice de preferência de A11 sobre A9** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A9 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

#### **DÉCIMA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A10 sobre A11** → só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A11 ⇒  $\Pi (A_{10}, A_{11}) = 0,1875$ ;

#### **Índice de preferência de A10 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 25\% = 0,25$ ; a diferença relativa de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a  $(35\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 0,1$ ; Critério do Tipo III (função do tipo “V”), com  $p=3$ ; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é inferior a  $p \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,0033 \Rightarrow 0,25 * 0,0033 = 0,0008$ ; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,2432; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A12 = 0,1875; somando as três parcelas vem que  $\Pi (A_{10}, A_{12}) = 0,4315$ ;

**Índice de preferência de A10 sobre A13** → idêntico ao anterior ⇒  $\Pi (A_{10}, A_{13}) = 0,4315$ ;

#### **Índice de preferência de A10 sobre A14**

Vão entrar “**Contrapartida**”, e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,0208; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A14 = 0,1875; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_{10}, A_{14}) = 0,2083$ ;

#### **DÉCIMA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A11 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,0208;

#### **Índice de preferência de A12 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,3125;

**Índice de preferência de A13 sobre A10** → idêntico ao anterior = 0,3125;

**Índice de preferência de A14 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,3125;

#### **DÉCIMA PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A11 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,0292; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,1875; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_{11}, A_{12}) = 0,2167$ ;

**Índice de preferência de A11 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,2167;

**Índice de preferência de A11 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A14 =>  $\Pi (A_{11}, A_{14}) = 0,0417$ ;

#### **DÉCIMA PRIMEIRA COLUMNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A12 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 =>  $\Pi (A_{12}, A_{11}) = 0,3125$ ;

**Índice de preferência de A13 sobre A11** → idêntico ao anterior =>  $\Pi (A_{13}, A_{11}) = 0,3125$ ;

**Índice de preferência de A14 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 =>  $\Pi (A_{14}, A_{11}) = 0,3125$ ;

#### **DÉCIMA SEGUNDA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A12 sobre A13** → as duas alternativas têm os mesmos índices de desempenho uma que a outra em relação a todos os critérios →  $\Pi (A_{12}, A_{13}) = 0$ ;

**Índice de preferência de A12 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 25\% = 0,25$ ; a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(33\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 0,03 / 0,20 = 0,15$ ; Critério do Tipo III (função do tipo “V”), com  $q=0$  e  $p=3$ ; como a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo,

inferior a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = |x_i| / p = 0,05 \Rightarrow 0,25 * 0,05 = 0,0125 \Rightarrow \Pi (A_{12}, A_{14}) = 0,0125$ ;

**DÉCIMA SEGUNDA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A13 sobre A12** → as duas alternativas têm os mesmos índices de desempenho uma que a outra em relação a todos os critérios →  $\Pi (A_{13}, A_{12}) = 0$ ;

**Índice de preferência de A14 sobre A12**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12  $\Rightarrow \Pi (A_{14}, A_{12}) = 0,1875$ ;

**DÉCIMA TERCEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A13 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A12 sobre A14  $\Rightarrow \Pi (A_{13}, A_{14}) = 0,0125$ ;

**DÉCIMA TERCEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A14 sobre A13** → só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12  $\Rightarrow \Pi (A_{14}, A_{13}) = 0,1875$ ;

Pode-se então montar a matriz de índices de preferência da figura 241, correspondente ao **Cenário II (Decisor 2)**

**Nota:** tomam-se os valores até a quarta casa decimal.

| MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                  | A1     | A2     | A3     | A4     | A5     | A6     | A7     | A8     | A9     | A10    | A11    | A12    | A13    | A14    |
| A1                               | 0      | 0,1875 | 0,3125 | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,5208 | 0,5    | 0,4042 | 0,4042 | 0,2292 |
| A2                               | 0,0625 | 0      | 0,375  | 0,0625 | 0,0625 | 0,0625 | 0,25   | 0,25   | 0,25   | 0,3958 | 0,5625 | 0,4667 | 0,4667 | 0,2917 |
| A3                               | 0      | 0,1875 | 0      | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,2083 | 0,1875 | 0,4042 | 0,4042 | 0,2292 |
| A4                               | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,3333 | 0,5    | 0,4042 | 0,4042 | 0,2292 |
| A5                               | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,3333 | 0,5    | 0,4042 | 0,4042 | 0,2292 |
| A6                               | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0,3333 | 0,5    | 0,4042 | 0,4042 | 0,2292 |
| A7                               | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,1875 | 0,3333 | 0,5    | 0,2167 | 0,2167 | 0,2292 |
| A8                               | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,1875 | 0,3333 | 0,5    | 0,2167 | 0,2167 | 0,2292 |
| A9                               | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,3333 | 0,3125 | 0,2167 | 0,2167 | 0,0417 |
| A10                              | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,1875 | 0,1875 | 0,1875 | 0      | 0,1875 | 0,4315 | 0,4315 | 0,2083 |
| A11                              | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,0208 | 0      | 0,2167 | 0,2167 | 0,0417 |
| A12                              | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,3125 | 0,3125 | 0      | 0      | 0,0125 |
| A13                              | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,3125 | 0,3125 | 0      | 0      | 0,0125 |
| A14                              | 0      | 0      | 0,3125 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,3125 | 0,3125 | 0,1875 | 0,1875 | 0      |

Figura 241 – Matriz de índices de preferência, para o Cenário II (Decisor 2), conforme o método PROMETHEE II (Fonte: o pesquisador)

Está-se então em condições de prosseguir para o passo seguinte do método

PROMETHEE II, que é o de calcular os fluxos de superação positivos ( $\emptyset_i^+$ ) e negativos ( $\emptyset_i^-$ ), para cada uma das alternativas, agora para o Cenário II (Decisor 2). Uma vez mais esses fluxos vão ser calculados quer como resultados de somatórias quer como médias dessas mesmas somatórias.

**Fluxo positivo para a alternativa A1 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,1875 + 0,3125 + 6 * 0,1875 + 0,5208 + 0,5 + 0,4042 * 2 + 0,2292 = 3,6834$ ; como média do valor de somatória =  $0,2833$

**Fluxo negativo para a alternativa A1 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,0625 + 12 * 0 = 0,0625$ ; como média do valor de somatória =  $0,0048$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A2 (como resultado de somatória) =**  $0,0625 + 0 + 0,375 + 0,0625 * 3 + 0,25 * 3 + 0,3958 + 0,5625 + 2 * 0,4667 + 0,2917 = 3,5584$ ; como média do valor de somatória =  $0,2737$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A2 (como resultado de somatória) =**  $0,1875 + 0 + 0,1875 + 11 * 0 = 0,375$ ; como média do valor de somatória =  $0,0288$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A3 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,1875 + 0 + 6 * 0,1875 + 0,2083 + 0,1875 + 2 * 0,4042 + 0,2292 = 2,7459$ ; como média do valor de somatória =  $0,2112$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A3 (como resultado de somatória) =**  $0,3125 + 0,375 + 0 + 6 * 0,3125 + 2 * 0 + 3 * 0,3125 = 3,5$ ; como média do valor de somatória =  $0,2692$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A4 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 3 * 0 + 3 * 0,1875 + 0,3333 + 0,5 + 2 * 0,4042 + 0,2292 = 2,7459$ ; como média do valor de somatória =  $0,2112$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A4 (como resultado de somatória) =**  $0,1875 + 0,0625 + 0,1875 + 11 * 0 = 0,4375$ ; como média do valor de somatória =  $0,0337$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A5 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 3 * 0 + 3 * 0,1875 + 0,5 + 2 * 0,4042 + 0,2292 = 2,7459$ ; como média do valor de somatória =  $0,2112$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A5 (como resultado de somatória) =**  $0,1875 + 0,0625 + 0,1875 + 11 * 0 = 0,4375$ ; como média do valor de somatória =  $0,0337$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A6 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 3 * 0 + 3 * 0,1875 + 0,3333 + 0,5 + 2 * 0,4042 + 0,2292 = 2,7459$ ; como média do valor de somatória =  $0,2112$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A6 (como resultado de somatória) =**  $0,1875 + 0,0625 + 0,1875 + 11 * 0 = 0,4375$ ; como média do valor de somatória =  $0,0337$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A7 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 5 * 0 + 0,1875 + 0,3333 + 0,5 + 2 * 0,2167 + 0,2292 = 1,9959$ ; como média do valor de somatória =  $0,1535$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A7 (como resultado de somatória) =**  $0,1875 + 0,25 + 4 * 0,1875 + 3 * 0 + 0,1875 + 4 * 0 = 1,375$ ; como média do valor de somatória =  $0,1058$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A8 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 5 * 0 + 0,1875 + 0,3333 + 0,5 + 2 * 0,2167 + 0,2292 = 1,9959$ ; como média do valor de somatória =  $0,1535$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A8 (como resultado de somatória) =**  $0,1875 + 0,25 + 4 * 0,1875 + 3 * 0 + 0,1875 + 4 * 0 = 1,375$ ; como média do valor de somatória =  $0,1058$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A9 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 6 * 0 + 0,3333 + 0,3125 + 2 * 0,2167 + 0,0417 = 1,4334$ ; como média do valor de somatória =  $0,1103$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A9 (como resultado de somatória) =**  $0,189 + 0,351 + 4 * 0,189 + 2 * 0,311 + 0,122 + 0 + 0,189 + 4 * 0 = 2,107$ ; como média do valor de somatória =  $0,1621$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A10 (como resultado de somatória) =**  $6 * 0 + 3 * 0,1875 + 0 + 0,1875 + 2 * 0,4315 + 0,2083 = 1,8283$ ; como média do valor de somatória =  $0,1401$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A10 (como resultado de somatória) =**  $0,5208 + 0,3958 + 0,2083 + 6 * 0,3333 + 0 + 0,0208 + 3 * 0,3125 = 4,083$ ; como média do valor de somatória =  $0,3141$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A11 (como resultado de somatória) =**  $9 * 0 + 0,0208 + 0 + 0,2167 * 2 + 0,0417 = 0,4959$ ; como média do valor de somatória =  $0,0381$ ;

**Fluxo negativo para a alternativa A11 (como resultado de somatória) =**  $0,4595 + 0,6215 + 0,189 + 3 * 0,4595 + 2 * 0,581 + 0,270 + 0,189 + 0 + 3 * 0,270 = 5,0795$ ; como média do valor de somatória =  $0,3907$ ;

**Fluxo positivo para a alternativa A12 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 6 * 0 + 2 * 0,3125 + 2 * 0 + 0,0125 = 0,95$ ; como média do valor de somatória =

0,0731;

**Fluxo negativo para a alternativa A12 (como resultado de somatória) =**  $0,4042 + 0,4667 + 4 * 0,4042 + 3 * 0,2167 + 0,4315 + 0,2167 + 2 * 0 + 0,1875 = 3,9735$ ; como média do valor de somatória = 0,3057;

**Fluxo positivo para a alternativa 13 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 6 * 0 + 2 * 0,3125 + 2 * 0 + 0,0125 = 0,95$ ; como média do valor de somatória = 0,0731;

**Fluxo negativo para a alternativa A13 (como resultado de somatória) =**  $0,4042 + 0,4667 + 4 * 0,4042 + 3 * 0,2167 + 0,4315 + 0,2167 + 2 * 0 + 0,1875 = 3,9735$ ; como média do valor de somatória = 0,3057;

**Fluxo positivo para a alternativa A14 (como resultado de somatória) =**  $2 * 0 + 0,3125 + 6 * 0 + 2 * 0,3125 + 2 * 0,1875 + 0 = 1,3125$ ; como média do valor de somatória = 0,1010;

**Fluxo negativo para a alternativa A14 (como resultado de somatória) =**  $0,2292 + 0,2917 + 6 * 0,2292 + 0,0417 + 0,2083 + 0,0417 + 2 * 0,0125 + 0 = 2,2128$ ; como média do valor de somatória = 0,1702;

Desta forma, está-se em condições de prosseguir para o passo seguinte do método PROMETHEE II, que é o de **calcular os fluxos líquidos para cada uma das alternativas**. Pode-se fazê-lo como somatória ou como média de somatória. Na tese, a autora preferiu trabalhar com as médias de somatória, e é o que se fará no presente texto.

**Fluxo Líquido =  $\emptyset_i^+ - \emptyset_i^-$**

Fluxo líquido para a alternativa A1 =  $( 0,2833 - 0,0048 ) = 0,2785 \sim 0,28$

Fluxo líquido para a alternativa A2 =  $( 0,2737 - 0,0288 ) = 0,2449 \sim 0,25$

Fluxo líquido para a alternativa A3 =  $( 0,2112 - 0,2692 ) = - 0,058 \sim - 0,06$

Fluxo líquido para a alternativa A4 =  $( 0,2112 - 0,0337 ) = 0,1775 \sim 0,18$

Fluxo líquido para a alternativa A5 =  $( 0,2112 - 0,0337 ) = 0,1775 \sim 0,18$

Fluxo líquido para a alternativa A6 =  $( 0,2112 - 0,0337 ) = 0,1775 \sim 0,18$

Fluxo líquido para a alternativa A7 =  $( 0,1535 - 0,1058 ) = 0,0477 \sim 0,05$

Fluxo líquido para a alternativa A8 =  $( 0,1535 - 0,1058 ) = 0,0477 \sim 0,05$

Fluxo líquido para a alternativa A9 =  $( 0,1103 - 0,1346 ) = -0,0243 \sim -0,02$

Fluxo líquido para a alternativa A10 =  $( 0,1401 - 0,3141 ) = -0,174 \sim -0,17$

Fluxo líquido para a alternativa A11 = ( 0,0381 – 0,3990 ) = -0,3609~ -0,36

Fluxo líquido para a alternativa A12 = ( 0,0731 – 0,3057 ) = -0,2326~ -0,23

Fluxo líquido para a alternativa A13 = ( 0,0731 – 0,3057 ) = -0,2326~ -0,23

Fluxo líquido para a alternativa A14 = ( 0,1010 – 0,1702 ) = -0,0692~ -0,07

Embora existam 8 alternativas (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A9 e A11) para as quais as diferenças entre os valores a que o pesquisador chegou e aqueles da autora são muito ligeiros (casa das centésimas, existem outras 6 alternativas para as quais essas diferenças são mais significativas. Os valores dos fluxos líquidos a que a autora chegou, desde A1 até A14 foram: 0,32; 0,28; -0,02; 0,22; 0,22; 0,22; 0,29; 0,29; 0,01; -0,34; -0,32; -0,42; -0,42; 0,31. Uma vez mais a autora apresenta esses valores sob a forma de gráfico de barras.

Pode-se então passar à **ordenação das alternativas** para o decisor 2 (= Cenário 2 ), apresentada na figura 242.

|     | Ø+ MÉDIOpesq | Ø- MÉDIOpesq | Ø LÍQU MÉDIOpesq | Ø LÍQU MÉDIOautora | ORDEMpesq | ORDEMAutora |
|-----|--------------|--------------|------------------|--------------------|-----------|-------------|
| A1  | 0,2833       | -0,0048      | 0,2785           | 0,32               | 1º        | 1º          |
| A2  | 0,2737       | -0,0288      | 0,2449           | 0,28               | 2º        | 5º          |
| A3  | 0,2112       | -0,2692      | -0,058           | -0,02              | 9º        | 10º         |
| A4  | 0,2112       | -0,0337      | 0,1775           | 0,22               | 3º        | 6º          |
| A5  | 0,2112       | -0,0337      | 0,1775           | 0,22               | 3º        | 6º          |
| A6  | 0,2112       | -0,0337      | 0,1775           | 0,22               | 3º        | 6º          |
| A7  | 0,1535       | -0,1058      | 0,0477           | 0,29               | 6º        | 3º          |
| A8  | 0,1535       | -0,1058      | 0,0477           | 0,29               | 6º        | 3º          |
| A9  | 0,1103       | -0,1346      | -0,0243          | 0,01               | 8º        | 9º          |
| A10 | 0,1401       | -0,3141      | -0,174           | -0,34              | 11º       | 12º         |
| A11 | 0,0381       | -0,399       | -0,3609          | -0,32              | 14º       | 11º         |
| A12 | 0,0731       | -0,3057      | -0,2326          | -0,42              | 12º       | 13º         |
| A13 | 0,0731       | -0,3057      | -0,2326          | -0,42              | 12º       | 13º         |
| A14 | 0,101        | -0,1702      | -0,0692          | 0,31               | 10º       | 2º          |

Figura 242 – Ordenamento das alternativas para o Decisor 2 – Cenário II (Fonte: o pesquisador)

Pela figura acima pode-se observar que as diferenças de valores entre o  $\emptyset_{LÍQU MÉDIOpesq}$  e o  $\emptyset_{LÍQU MÉDIOautora}$  acaba resultando em diferenças no ordenamento obtido para as alternativas, neste Cenário II (Decisor 2).

Comparando agora os ordenamentos obtidos - e tomando para ambos os casos os da autora - para os cenários I e II (Decisor 1 e Decisor 2), pode-se afirmar que:

- existem 3 ordenamentos que se mantêm rigorosamente os mesmos, que são os das alternativas A7, A8 e A9 (respetivamente 3º, 3º e 9º);

- 8 alternativas mudam muito pouco o seu ordenamento do primeiro para o segundo cenário (as alternativas A4, A5 e A6 passam do 5º lugar no cenário I para o 6º lugar no cenário II; as alternativas A12 e A13 passam do 12º lugar no cenário I para o 13º lugar no cenário II; A1 passa do 2º lugar no cenário I para o 1º lugar no cenário II; A10 passa do 11º lugar no cenário I para 12º lugar no cenário II, e com A11 sucede o inverso; A3 passa do 8º lugar no cenário I para 10º lugar no cenário II;

- apenas 2 alternativas sofrem mudanças com significado no seu ordenamento. Assim, A2 passa do 1º lugar no cenário I para o 5º lugar no cenário II; e A14 passa do 10º lugar no cenário I para o 2º lugar no cenário II;

**Cálculo dos índices de preferência de cada alternativa sobre as restantes, e para o Cenário III (Decisor 3):** em função dos respectivos níveis de desempenho para cada um dos critérios.

**Importante: Não esquecer que as funções de preferência e os pesos mudam**

### **PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A1 sobre A2**

Para o índice de preferência de A1 sobre A2 só entra o critério “Gestão Municipal”; **critério a maximizar**; peso do critério = 20,69% = 0,2069; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 2; **Critério do tipo V (função do tipo “V” com indiferença), com q=1 e p=2**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a p =>  $S_j(a_i, a_k) = S_j(d_{i,k})=1$ ; usando a expressão  $\Pi(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j(d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi(A1, A2) = 0,2069 * 1 = 0,2069$ ;

#### **Índice de preferência de A1 sobre A3**

Só vai entrar o critério “Objetivo do Empreendimento”; **critério a maximizar**; peso do critério = 34,48% = 0,3448; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1; **Critério do tipo VI (função do tipo “Gaussiana”), com s = 4**; **Nota**: procurou-se, no texto da tese, encontrar o valor de s adotado na mesma, o que não se conseguiu, donde, estimou-se um s que fosse maior que o valor de p (=3), e assim tomou-se para s o valor de **s=4**;  $S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(x_i^2)/(2 * s_i^2)} = 1 - 0,9692 = 0,0308$  =>  $0,3448 * 0,0308$  =>  $\Pi(A1, A3) = 0,0106$ ;

#### **Índice de preferência de A1 sobre A4**

Só vai entrar o critério “Gestão Municipal” → **critério a maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,2069$ ; **Critério do tipo V (função do tipo “V” com indiferença), com q=1 e p=2**; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2 (=5 – 3); como essa diferença



é, em módulo, igual a  $p = > S_j (d_{i,k}) = S_j (d_{A_1,A_4}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069 \Rightarrow \Pi (A_1, A_4) = 0,2069$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A5

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → idêntico à preferência de A1 sobre A4  
 $\Rightarrow \Pi (A_1, A_5) = 0,2069$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A6

**Exatamente o mesmo que os índices de preferência de A1 sobre A4 e de A1 sobre A5** →  $\Pi (A_1, A_6) = 0,2069$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A7

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → critério a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,2069$ ; **Critério do tipo V (função do tipo “V”, com indiferença), com  $q=1$  e  $p=2$** ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=5 - 2$ ); como essa diferença é, em módulo, superior a  $p (=2) = > S_j (A_1, A_7) = S_j (d_{A_1,A_7}) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_7) = 0,2069 * 1 = 0,2069$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A8

Idêntico à alternativa anterior  $\Rightarrow \Pi (A_1, A_8) = 0,2069$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A9

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → critério a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,2069$ ; **Critério do tipo V (função do tipo “V”, com indiferença), com  $q=1$  e  $p=2$** ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); como **essa** diferença é, em módulo, superior a  $p (=1) = > S_j (A_1, A_9) = S_j (d_{A_1,A_9}) = 1$ ; aplicando a fórmula  $\Pi (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (a_i, a_k) = \sum_j w_j * S_j (d_{i,k})$ , que neste caso vem  $\Pi (A_1, A_9) = 0,2069 * 1 = 0,2069$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A10

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”; “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → a **maximizar**; peso do critério =  $0,3448$ ; **Critério do tipo VI (função do tipo “Gaussiana”), com  $s=4$**   $\Rightarrow > S_j (A_1, A_{10}) = S_j (d_{i,k}) = 1 - e^{-(x_i^2)/(2 * s_i^2)} = 0,3448 * 0,0308 = 0,0106$ ; “**Contrapartida**” → a **maximizar**; peso do critério =  $13,79\% = 0,1379$ ; a diferença relativa de valores entre as duas alternativas é  $= (40\% - 35\%) / (40\% - 20\%) = 5\% / 20\% = 0,25$ ; **Critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=20$** ; como a diferença entre os valores das 2 alternativas é, em módulo, inferior a  $q \Rightarrow S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 0$ ; “**Gestão Municipal**”; a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 0,2069$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2 ( $=5 -$

3); **Critério do tipo V (função do tipo “V”, com indiferença), com q=1 e p=2**; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a p = >  $S_j (A_1, A_{10}) = S_j (dA_1, A_{10}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; somando as 3 parcelas vem  $\Rightarrow \Pi (A_1, A_{10}) = 0,2175 = 0,2175$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A11

Vão entrar os critérios **“Objetivo do Empreendimento”** e **“Gestão Municipal”**; **“Objetivo do Empreendimento”** → a maximizar; peso do critério = 0,3448; **Critério do tipo VI (função do tipo “Gaussiana”), com s=4**; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4);  $S_j (A_1, A_{11}) = S_j (d_{i,k}) = 1 - e^{-(x_i^2)/(2 * s_i^2)} = 0,3448 * 0,0308 = 0,0106$ ; **“Gestão Municipal”** → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,2069$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 (=5 – 0); **Critério do tipo V (função do tipo “V” com indiferença), com q=1 e p=2**; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a p = >  $S_j (A_1, A_{11}) = S_j (dA_1, A_{11}) = 1 \Rightarrow 0,2069$ ; somando as duas parcelas vem  $\Pi (A_1, A_{11}) = 0,2175$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A12

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”, “Tipo de Empreendimento”** e **“Gestão Municipal”**; **“Contrapartida”** → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,79\% = 0,1379$ ; a diferença relativa de desempenhos entre as duas alternativas para o critério é: =  $(40\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 7\% / 20\% = 0,07/0,2 = 0,35$ ; **Critério do tipo II (função do tipo “escada”), com q=10 e p=20**; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a q  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 0$ ; **“Tipo de Empreendimento”** → a maximizar; peso do critério =  $13,79\% = 0,1379$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 2,5 (=4,5 – 2); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com p=0,5**; como neste caso a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a p  $\Rightarrow S_j (A_1, A_{12}) = S_j (dA_1, A_{12}) = 1 \Rightarrow 0,1379 * 1 = 0,1379$ ; **“Gestão Municipal”** → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,2069$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 (=5 – 0); **Critério do tipo V (função do tipo “V”, com indiferença), com q=1 e p=2**; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a p = >  $S_j (A_1, A_{12}) = S_j (dA_1, A_{12}) = 1 \rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; somando as 3 parcelas vem  $\rightarrow \Pi (A_1, A_{12}) = 0 + 0,1379 + 0,2069 = 0,3448$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A13

Idêntico à alternativa anterior  $\Rightarrow \Pi (A_1, A_{13}) = 0,3448$ ;

#### Índice de preferência de A1 sobre A14

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”, e “Gestão Municipal”**; **“Contrapartida”** → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,79\% = 0,1379$ ; a diferença relativa de

desempenhos entre as duas alternativas para o critério é:  $= (40\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 0,5$ ; **Critério do tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=20$** ; como a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $q \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 0$ ; **“Gestão Municipal”** → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 0,2069$ ; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 5 ( $=5 - 0$ ); **Critério do tipo V (função do tipo “V” com indiferença), com  $q=1$  e  $p=2$** ; como a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p = > S_j (A_1, A_{14}) = S_j (d_{A_1, A_{14}}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; somando as duas parcelas vem  $\Pi (A_1, A_{14}) = 0,2069$ ;

### PRIMEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

#### **Índice de preferência de A2 sobre A1**

Só vai entrar o critério “PRODES” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 17,24\% = 0,1724$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $1 - 0$ ); Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com  $q=0$  e  $p=1$ ; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, superior a  $q \Rightarrow S_j (A_2, A_1) = S_j (d_{A_2, A_1}) = 1 \Rightarrow \Pi (A_2, A_1) = 0,1724$ ;

**Índice de preferência de A3 sobre A1:** não existe nenhum critério para o qual a alternativa A3 seja melhor (tenha preferência sobre) a alternativa A1  $\Rightarrow$  o índice de preferência de A3 sobre A1 é = 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A1:** pelos mesmos motivos que no caso anterior  $= >$  o índice de preferência da alternativa A4 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A1:** pelos mesmos motivos  $= >$  o índice de preferência da alternativa A5 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A1:** pelos mesmos motivos  $= >$  o índice de preferência da alternativa A6 sobre a alternativa A1 = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A7 sobre A1**

Só vai entrar o critério “Tipo de Empreendimento” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,79\% = 0,1379$ ; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 ( $=5 - 4,5$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=0,5$** ; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow \Pi (A_7, A_1) = 0,1379$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A1** → idêntico ao anterior = 0,1379;

**Índice de preferência de A9 sobre A1** → Não há nenhum critério para o qual A9 seja melhor que A1  $\Rightarrow \Pi (A_9, A_1) = 0$  (zero)

Índice de preferência de A10 sobre A1 → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{10}, A_1) = 0$

Índice de preferência de A11 sobre A1 → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{11}, A_1) = 0$

Índice de preferência de A12 sobre A1 → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{12}, A_1) = 0$

Índice de preferência de A13 sobre A1 → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{13}, A_1) = 0$

Índice de preferência de A14 sobre A1 → pelos mesmos motivos,  $\Pi (A_{14}, A_1) = 0$

### SEGUNDA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

Índice de preferência de A2 sobre A3

Vão entrar os critérios “Objetivo do Empreendimento” e “PRODES”; “Objetivo do Empreendimento” → a maximizar; peso do critério = 34,8% (=0,3448); a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4); **Critério do Tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com s=4;  $S_j (A_1, A_{13}) = S_j (d_{i,k}) = 1 - e^{-(x_i^2)/(2 * s_i^2)} = 0,3448 * 0,0308 = 0,0106$ ;** “PRODES” → a maximizar; peso do critério = 17,24% = 0,1724; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com q=0 e p=1;** como a diferença entre valores das duas alternativas é igual a p =>  $S_j (d_{i,k}) = 1 => = 0,1724$ ; somando as duas parcelas vem que  $\Pi (A_2, A_3) = 0,183$ ;

Índice de preferência de A2 sobre A4

Só vai entrar o critério “PRODES” → a maximizar; peso do critério = 17,24% = 0,1724; a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com q=0 e p=1;** como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a p =>  $S_j (d_{i,k}) = 1 \rightarrow 0,1724 * 1 = 0,1724 \rightarrow \Pi (A_2, A_4) = 0,1724$ ;

Índice de preferência de A2 sobre A5 → idêntico ao anterior = 0,1724;

Índice de preferência de A2 sobre A6 → idêntico ao anterior = 0,1724;

Índice de preferência de A2 sobre A7

Vão entrar os critérios “Gestão Municipal” e “PRODES”; “Gestão Municipal” → a maximizar; peso = 20,69% = 0,2069; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=3 – 2); **Critério do tipo V (função do tipo “V” com indiferença), com q=1 e p=2;** como neste caso a diferença entre as duas alternativas, é em módulo, igual a q =>  $S_j (a_i, a_k) = S_j (d_{i,k}) = 0$ ; “PRODES” → a maximizar; peso do critério = 17,24% = 0,1724; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com q=0 e p=1;** como a diferença entre os valores

das duas alternativas é, em módulo, superior a  $q \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1724 * 1 = 0,1724$ ; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi(A_2, A_7) = 0,1724$ ;

**Índice de preferência de A2 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,1724;

**Índice de preferência de A2 sobre A9**

Vão entrar os critérios “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Gestão Municipal**” → a **maximizar**; peso do critério = 20,69% = 0,2069; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo igual a 3 (=3 – 0); **Critério do Tipo V (função do tipo “V”, com indiferença), com  $q=1$  e  $p=2$** ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; “**PRODES**” → a **maximizar**; peso do critério = 17,24% = 0,1724; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com  $q = 0$  e  $p=1$** ; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, superior a  $q \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1724 * 1 = 0,1724$ ; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi(A_2, A_9) = 0,3793$ ;

**Índice de preferência de A2 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Contrapartida**” e “**PRODES**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → a **maximizar**; peso do critério = 34,48% = 0,3448; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4); **Critério do Tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=4$** ;  $S_j(A_2, A_{10}) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(x_i^2)/(2 * s_i^2)} = 0,3448 * 0,0308 = 0,0106$ ; “**Contrapartida**” → a **maximizar**; peso do critério = 13,79% = 0,1379; a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(40\% - 35\%) / (40\% - 20\%) = 5\% / 20\% = 0,25$ ; **Critério do Tipo IV (função do tipo “escada”), com  $q=10$  e  $p=20$** ; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $q \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 0$ ; “**PRODES**” → a **maximizar**; peso do critério = 17,24% = 0,1724; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com  $q=0$  e  $p=1$** ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $q \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1724 * 1 = 0,1724$ ; somando as 3 parcelas, vem que  $\Pi(A_2, A_{10}) = 0,0106 + 0 + 0,1724 = 0,183$ ;

**Índice de preferência de A2 sobre A11**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, “**Gestão Municipal**” e “**PRODES**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → a **maximizar**; peso do critério = 34,48% = 0,3448; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=5 – 4); **Critério do Tipo VI (função do tipo “gaussiana”), com  $s=4$** ;  $S_j(A_2, A_{11}) = S_j(d_{i,k}) = 1 - e^{-(x_i^2)/(2 * s_i^2)} = 0,3448 * 0,0308 = 0,0106$ ; “**Gestão Municipal**” → a **maximizar**; peso do

critério = 20,69% = 0,2069; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 3 (=3 – 0); **Critério do Tipo V (função do Tipo “V”, com indiferença), com q=1 e p=2**; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, superior a p =>  $S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; **“PRODES”** → a maximizar; peso do critério = 17,24% = 0,1724; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com q=0 e p=1**; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, superior a q => a  $S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1724 * 1 = 0,1724$ ; somando as 3 parcelas, vem que  $\Pi(A_2, A_{11}) = 0,3899$ ;

#### Índice de preferência de A2 sobre A12

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”, “Tipo de Empreendimento”, “Gestão Municipal” e “PRODES”**; **“Contrapartida”** → a maximizar; peso = 13,79% = 0,1379; a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(40\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 7\% / 20\% = 0,35$ ; **Critério do Tipo IV (função do tipo “escada”), com q=10 e p=20**; como a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a q =>  $S_j(d_{i,k}) = 0$ ; **“Tipo de Empreendimento”** → a maximizar; peso = 13,79% = 0,1379; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 2,5 (=4,5 – 2); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”), com p=0,5**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, superior a p =>  $S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1379 * 1 = 0,1379$ ; **“Gestão Municipal”** → a maximizar; peso = 20,69% = 0,2069; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 3 (=3 – 0); **Critério do Tipo V (função do tipo “V”, com indiferença), com q=1 e p=2**; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, maior que p=> $S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; **“PRODES”** → a maximizar; peso = 17,24% = 0,1724; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 1 (=1 – 0); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com q=0 e p=1**; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, superior a q =>  $S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1724 * 1 = 0,1724$ ; somando as quatro parcelas, vem que  $\Pi(A_2, A_{12}) = 0,0483 + 0,1379 + 0,2069 + 0,1724 = 0,5172$ ;

**Índice de preferência de A2 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,5172;

#### Índice de preferência de A2 sobre A14

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”, “Gestão Municipal” e “PRODES”**; **“Contrapartida”** → a maximizar; peso = 13,79% = 0,1379; a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(40\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 10\% / 20\% = 0,5$ ; **Critério do Tipo IV (função do tipo “escada”), com q=10 e p=20**; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a q =>  $S_j(d_{i,k}) = 0$ ; **“Gestão Municipal”** → a maximizar; peso = 20,69% = 0,2069; a diferença entre valores

das duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=3 - 0$ ); **Critério do Tipo V (função do tipo “V”, com indiferença), com  $q=1$  e  $p=2$** ; como a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; **“PRODES” a maximizar**; peso =  $17,24\% = 0,1724$ ; a diferença entre valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 1 ( $=1 - 0$ ); **Critério do Tipo II (função do tipo “U”), com  $q=0$  e  $p=1$** ; como a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, superior a  $q \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1724 * 1 = 0,1724$ ; somando as três parcelas, vem que  $\Pi(A_2, A_{14}) = 0 + 0,2069 + 0,1724 = 0,3723$ ;

### SEGUNDA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

#### **Índice de preferência de A3 sobre A2**

**Só entra o critério “Gestão Municipal”** → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,2069;

**Índice de preferência de A4 sobre A2** → não existe nenhum critério para o qual A4 seja melhor que A2 = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A7 sobre A2**

Só vai entrar o critério **“Tipo de Empreendimento”** → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,79\% = 0,1379$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 ( $=5 - 4,5$ ); **critério do tipo III (função do tipo “V”), com  $p=0,5$** ; como o valor da diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a  $p \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1379 * 1 \Rightarrow \Pi(A_7, A_2) = 0,1379$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A2** → idêntico ao anterior = 0,1379;

**Índice de preferência de A9 sobre A2** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A2 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A2** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

### TERCEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

#### **Índice de preferência de A3 sobre A4**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A2 = 0,2069;

**Índice de preferência de A3 sobre A5** → idêntico ao anterior = 0,2069;

**Índice de preferência de A3 sobre A6** → idêntico ao anterior = 0,2069;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A7 = 0,2069;

**Índice de preferência de A3 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,2069;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A9**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A9 = 0,2069;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A10**

Vão entrar “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,2069; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_3, A_{10}) = 0,2069$ ;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 = 0,2069;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,1379; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,2069; somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_3, A_{12}) = 0,3448$ ;

**Índice de preferência de A3 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,3448;

#### **Índice de preferência de A3 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 = 0; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 = 0,2069; somando as duas parcelas, vem



que  $\Pi (A_3, A_{14}) = 0,2069$ ;

### **TERCEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A4 sobre A3**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A3 = 0,0106;

**Índice de preferência de A5 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,0106;

**Índice de preferência de A6 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,0106;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A3**

Vão entrar os critérios “**Tipo de Empreendimento**” e “**Objetivo do Empreendimento**”; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A2 = 0,1379; “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A3 = 0,0106; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_7, A_3) = 0,1485$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,1485;

#### **Índice de preferência de A9 sobre A3**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A4 sobre A3 = 0,0106;

**Índice de preferência de A10 sobre A3** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A10 seja melhor que A3 = > 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A3** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A12 sobre A3**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A3 = 0,0106;

**Índice de preferência de A13 sobre A3** → idêntico ao anterior = 0,0106;

**Índice de preferência de A14 sobre A3** → por igualdade de situação = 0,0106;

### **QUARTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A4 sobre A5** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho uma que a outra segundo todos os critérios → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A4 sobre A6** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **Índice de preferência de A4 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A7 = 0;

**Índice de preferência de A4 sobre A8** → idêntico ao anterior = 0,1875;

**Índice de preferência de A4 sobre A9**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A9 = 0,2069;

**Índice de preferência de A4 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Contrapartida**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,0106; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0; Somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{10}) = 0,0106$ ;

**Índice de preferência de A4 sobre A11**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”, e “**Gestão Municipal**”; “**Objetivo do Empreendimento**” → tal como na preferência de A1 sobre A11 = 0,0106; “**Gestão Municipal**” → tal como na preferência de A1 sobre A11 = 0,2069; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{11}) = 0,2175$ ;

**Índice de preferência de A4 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0,1379; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A12 = 0,2069; somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{12}) = 0,3448$ ;

**Índice de preferência de A4 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,3448;

**Índice de preferência de A4 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → → por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 = 0; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A14 = 0,2069; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_4, A_{14}) = 0,2069$ ;

#### **QUARTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A5 sobre A4** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho segundo todos os critérios → 0 (zero);

**Índice de preferência de A6 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A7 sobre A4**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → a **maximizar**; peso = 13,79% = 0,1379; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 – 4,5); **Critério do Tipo III (função do tipo “V”)**, com **p=0,5**; como a diferença entre valores das duas alternativas é igual a  $p \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow \Pi(A_7, A_4) = 0,1379 * 1 = 0,1379$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A4** → idêntico ao anterior = 0,1379;

**Índice de preferência de A9 sobre A4** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A4 →  $\Pi(A_9, A_4) = 0$ ;

**Índice de preferência de A10 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A11 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A4** → pelos mesmos motivos = 0 (zero);

#### **QUINTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Importante:** Pelos mesmos motivos já descritos anteriormente, quando do Cenário I (Decisor 1), e do Cenário II (Decisor 2), os índices das 5ª e 6ª linhas serão iguais aos respectivos índices da 4ª linha, assim como os índices das 5ª e 6ª colunas serão iguais aos respectivos índices da 4ª coluna. Assim, temos que:

**Índice de preferência de A5 sobre A6** → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A5 sobre A7** → = 0;

**Índice de preferência de A5 sobre A8** → = 0;

**Índice de preferência de A5 sobre A9** → = 0,2069;

**Índice de preferência de A5 sobre A10** → = 0,0106;

**Índice de preferência de A5 sobre A11** → = 0,2175;

**Índice de preferência de A5 sobre A12** → = 0,3448;

**Índice de preferência de A5 sobre A13** → = 0,3448;

**Índice de preferência de A5 sobre A14** → = 0,2069

#### **QUINTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Pelos motivos expostos anteriormente esses valores vêm iguais a:

Índice de preferência de A6 sobre A5  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A7 sobre A5  $\rightarrow = 0,1379$ ;

Índice de preferência de A8 sobre A5  $\rightarrow = 0,1379$ ;

Índice de preferência de A9 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A10 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A11 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A12 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A13 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A14 sobre A5  $\rightarrow = 0$ ;

#### **SEXTA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Nota:** Pelos mesmos motivos do anteriormente expostos, os índices de preferência da 6ª linha da matriz serão iguais aos respectivos índices da 5ª linha (e da 4ª também), e os índices de preferência da 6ª coluna serão iguais aos respectivos índices da 5ª coluna (e da 4ª também). Assim, tem-se:

Índice de preferência de A6 sobre A7  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A8  $\rightarrow = 0$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A9  $\rightarrow = 0,2069$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A10  $\rightarrow = 0,0106$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A11  $\rightarrow = 0,2175$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A12  $\rightarrow = 0,3448$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A13  $\rightarrow = 0,3448$ ;

Índice de preferência de A6 sobre A14  $\rightarrow = 0,2069$ ;

#### **SEXTA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

Índice de preferência de A7 sobre A6  $\rightarrow = 0,1379$ ;

Índice de preferência de A8 sobre A6  $\rightarrow = 0,1379$ ;

Índice de preferência de A9 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A10 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A11 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

Índice de preferência de A12 sobre A6  $\rightarrow = 0$  (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A6**  $\rightarrow = 0$  (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A6**  $\rightarrow = 0$  (zero);

### **SÉTIMA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A7 sobre A8**  $\rightarrow$  as duas alternativas têm exatamente os mesmos níveis de desempenho segundo todosos critérios  $\rightarrow = 0$  (zero);

#### **Índice de preferência de A7 sobre A9**

Vão entrar os critérios **“Tipo de Empreendimento”** e **“Gestão Municipal”**; **“Tipo de Empreendimento”** a maximizar; peso do critério = 13,79% = 0,1379; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 0,5 (=5 - 4,5); **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com **p=0,5**; como neste caso a diferença entre as duas alternativas é, em módulo, igual a p  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1379 * 1 = 0,1379$ ; **“Gestão Municipal”**  $\rightarrow$  a maximizar; peso = 20,69% = 0,2069; a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a 2 (=2 - 0); **Critério do Tipo V (Função do tipo “V”, com indiferença)**, com **q=1 e p=2**; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a p  $\Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,2069 * 1 = 0,2069$ ; somando as duas parcelas vem que  $\Pi (A_7, A_9) = 0,1379 + 0,2069 = 0,3448$ ;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A10**

Vão entrar os critérios **“Objetivo do Empreendimento”**, **“Contrapartida”** e **“Tipo de Empreendimento”**; **“Objetivo do Empreendimento”**  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,0106; **“Contrapartida”**  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0; **“Tipo de Empreendimento”**  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A7 sobre A9 = 0,1379; Somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_7, A_{10}) = 0,0106 + 0 + 0,1379 = 0,1485$ ;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A11**

Vão entrar os critérios **“Objetivo do Empreendimento”**,  $\rightarrow$  **“Tipo de Empreendimento”** e **“Gestão Municipal”**; **“Objetivo do Empreendimento”**  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A3 = 0,0106; **“Tipo de Empreendimento”** por com a preferência de A7 sobre A9 = 0,1379; **“Gestão Municipal”**  $\rightarrow$  por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,2069; Somando as três parcelas, vem que  $\Pi (A_7, A_{11}) = 0,0106 + 0,1379 + 0,2069 = 0,3554$ ;

#### **Índice de preferência de A7 sobre A12**

Vão entrar os critérios **“Contrapartida”**, **“Tipo de Empreendimento”** e **“Gestão Municipal”**; **“Contrapartida”**  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12

= 0; “**Tipo de Empreendimento**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,79\% = 0,1379$ ; a diferença de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a 3 ( $=5 - 2$ ); **Critério do tipo III (função do tipo “V”)**, com  $p=0,5$ ; como a diferença entre os valores das duas alternativas é, em módulo, superior a  $p \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 1 \Rightarrow 0,1379 * 1 = 0,1379$ ; “**Gestão Municipal**” por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,2069; somando as três parcelas vem que  $\Pi(A_7, A_{12}) = 0 + 0,1379 + 0,2069 = 0,3448$ ;

**Índice de preferência de A7 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,3448;

**Índice de preferência de A7 sobre A14**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A14 = 0; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A7 sobre A9 = 0,1379; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A7 sobre A9 = 0,2069; somando as três parcelas, vem que  $\Pi(A_7, A_{14}) = 0 + 0,1379 + 0,2069 = 0,3448$ ;

#### SÉTIMA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

**Índice de preferência de A8 sobre A7** → as duas alternativas têm exatamente o mesmo desempenho segundo todos os critérios → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A9 sobre A7** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A7 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A7**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança da preferência de A2 sobre A7 = 0;

**Índice de preferência de A11 sobre A7** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A7 => = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A7** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

#### OITAVA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA

Idêntica à sétima linha. Assim tem-se:

**Índice de preferência de A8 sobre A9** =>  $\Pi(A_8, A_9) = 0,3448$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A10** =>  $\Pi(A_8, A_{10}) = 0,1485$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A11**  $\Rightarrow \Pi (A_8, A_{11}) = 0,3554$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A12**  $\Rightarrow \Pi (A_8, A_{12}) = 0,3448$ ;

**Índice de preferência de A8 sobre A13**  $\rightarrow$  idêntico ao anterior = 0,3448;

**Índice de preferência de A8 sobre A14**  $\Rightarrow \Pi (A_8, A_{14}) = 0,3448$ ;

### **OITAVA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Idêntica à sétima coluna. Assim tem-se:**

**Índice de preferência de A9 sobre A8**  $\rightarrow$  não existe nenhum critério para o qual a alternativa A9 seja melhor que A8  $\rightarrow = 0$  (zero);

**Índice de preferência de A10 sobre A8**

Só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**”  $\rightarrow$  por semelhança da preferência de A2 sobre A7  $\Rightarrow \Pi (A_{10}, A_8) = 0$ ;

**Índice de preferência de A11 sobre A8**  $\rightarrow$  não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A8  $\rightarrow \Pi (A_{11}, A_8) = 0$  (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A8**  $\rightarrow$  mesmos motivos  $\rightarrow \Pi (A_{12}, A_8) = 0$ ;

**Índice de preferência de A13 sobre A8**  $\rightarrow$  mesmos motivos  $\rightarrow \Pi (A_{13}, A_8) = 0$ ;

**Índice de preferência de A14 sobre A8**  $\rightarrow$  mesmos motivos  $\rightarrow \Pi (A_{14}, A_8) = 0$ ;

### **NONA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A9 sobre A10**

Vão entrar os critérios “**Objetivo do Empreendimento**”,  $\rightarrow$  e “**Contrapartida**”; “**Objetivo do Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0,0106; “**Contrapartida**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0; Somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_9, A_{10}) = 0,0106$ ;

**Índice de preferência de A9 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A11 = 0,0106;

**Índice de preferência de A9 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**” e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Contrapartida**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0; “**Tipo de Empreendimento**”  $\rightarrow$  por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,1379; Somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_9, A_{12}) = 0,1379$ ;

**Índice de preferência de A9 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,1367;

**Índice de preferência de A9 sobre A14** → só entra o critério “**Contrapartida**” por semelhança com a preferência de A1 sobre A14 =>  $\Pi (A_9, A_{14}) = 0$ ;

#### **NONA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A10 sobre A9** → só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A9 => 0,2069;

**Índice de preferência de A11 sobre A9** → não existe nenhum critério para o qual a alternativa A11 seja melhor que A9 → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A12 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A13 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

**Índice de preferência de A14 sobre A9** → pelos mesmos motivos → = 0 (zero);

#### **DÉCIMA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A10 sobre A11** → só vai entrar o critério “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A11 =>  $\Pi (A_{10}, A_{11}) = 0,2069$ ;

#### **Índice de preferência de A10 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, “**Tipo de Empreendimento**” e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → a maximizar; peso do critério =  $W_j = 13,79\% = 0,1379$ ; a diferença relativa de valores entre as duas alternativas é, em módulo, igual a  $(35\% - 33\%) / (40\% - 20\%) = 0,1$ ; **Critério do Tipo IV (função do tipo “escada”)**, com  $q=10$  e  $p=20$ ; como a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é inferior a  $q \Rightarrow S_j(d_{i,k}) = 0$ ; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,1379; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A12 = 0,2069; somando as três parcelas vem que  $\Pi (A_{10}, A_{12}) = 0,3448$ ;

**Índice de preferência de A10 sobre A13** → idêntico ao anterior =>  $\Pi (A_{10}, A_{13}) = 0,3448$ ;

#### **Índice de preferência de A10 sobre A14**

Vão entrar “**Contrapartida**”, e “**Gestão Municipal**”; “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A10 = 0; “**Gestão Municipal**” → por semelhança com a preferência de A2 sobre A14 = 0,2069; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_{10}, A_{14}) = 0,2069$ ;

#### **DÉCIMA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**



### **Índice de preferência de A11 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0;

### **Índice de preferência de A12 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,0106;

**Índice de preferência de A13 sobre A10** → idêntico ao anterior = 0,0106;

### **Índice de preferência de A14 sobre A10**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A10 = 0,0106;

## **DÉCIMA PRIMEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

### **Índice de preferência de A11 sobre A12**

Vão entrar os critérios “**Contrapartida**”, e “**Tipo de Empreendimento**”; “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12 = 0; “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com o índice de preferência de A1 sobre A12 = 0,1379; somando as duas parcelas, vem que  $\Pi (A_{11}, A_{12}) = 0,1379$ ;

**Índice de preferência de A11 sobre A13** → idêntico ao anterior = 0,1379;

### **Índice de preferência de A11 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A14 =>  $\Pi (A_{11}, A_{14}) = 0$ ;

## **DÉCIMA PRIMEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

### **Índice de preferência de A12 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 =>  $\Pi (A_{12}, A_{11}) = 0,0106$ ;

**Índice de preferência de A13 sobre A11** → idêntico ao anterior =>  $\Pi (A_{13}, A_{11}) = 0,0106$ ;

### **Índice de preferência de A14 sobre A11**

Só vai entrar o critério “**Objetivo do Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A11 =>  $\Pi (A_{14}, A_{11}) = 0,0106$ ;

## **DÉCIMA SEGUNDA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A12 sobre A13** → as duas alternativas têm os mesmos índices de desempenho uma que a outra em relação a todos os critérios →  $\Pi (A_{12}, A_{13}) = 0$ ;

#### **Índice de preferência de A12 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → a **maximizar**; peso do critério =  $W_j = 13,79\% = 0,1379$ ; a diferença relativa entre os valores das duas alternativas é, em módulo, igual a  $(33\% - 30\%) / (40\% - 20\%) = 0,03 / 0,20 = 0,15$ ; **Critério do Tipo IV (função do tipo “escada”)**, com  $q=10$  e  $p=20$ ; como a diferença relativa entre valores das duas alternativas é, em módulo, inferior a  $q \Rightarrow S_j (d_{i,k}) = 0 \Rightarrow \Pi (A_{12}, A_{14}) = 0$ ;

#### **DÉCIMA SEGUNDA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A13 sobre A12** → as duas alternativas têm os mesmos índices de desempenho uma que a outra em relação a todos os critérios →  $\Pi (A_{13}, A_{12}) = 0$ ;

#### **Índice de preferência de A14 sobre A12**

Só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → por semelhança com a preferência de A1 sobre A12  $\Rightarrow \Pi (A_{14}, A_{12}) = 0,1379$ ;

#### **DÉCIMA TERCEIRA LINHA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

#### **Índice de preferência de A13 sobre A14**

Só vai entrar o critério “**Contrapartida**” → por semelhança com a preferência de A12 sobre A14  $\Rightarrow \Pi (A_{13}, A_{14}) = 0$ ;

#### **DÉCIMA TERCEIRA COLUNA DA MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA**

**Índice de preferência de A14 sobre A13** → só vai entrar o critério “**Tipo de Empreendimento**” → por analogia com o índice de preferência de A1 sobre A12  $\Rightarrow \Pi (A_{14}, A_{13}) = 0,1379$ ;

Pode-se então montar a matriz de índices de preferência da figura 243, correspondente ao **Cenário III (Decisor 3)**

**Nota:** tomam-se os valores até a quarta casa decimal.

| MATRIZ DE ÍNDICES DE PREFERÊNCIA - CENÁRIO III |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | A1     | A2     | A3     | A4     | A5     | A6     | A7     | A8     | A9     | A10    | A11    | A12    | A13    | A14    |
| A1   | 0      | 0,2069 | 0,0106 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2175 | 0,2175 | 0,3448 | 0,3448 | 0,2069 |
| A2   | 0,1724 | 0      | 0,183  | 0,1724 | 0,1724 | 0,1724 | 0,1724 | 0,1724 | 0,3793 | 0,183  | 0,3899 | 0,5172 | 0,5172 | 0,3723 |
| A3   | 0      | 0,2069 | 0      | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,2069 | 0,3448 | 0,3448 | 0,2069 |
| A4   | 0      | 0      | 0,0106 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,2069 | 0,0106 | 0,2175 | 0,3448 | 0,3448 | 0,2069 |
| A5   | 0      | 0      | 0,0106 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,2069 | 0,0106 | 0,2175 | 0,3448 | 0,3448 | 0,2069 |
| A6   | 0      | 0      | 0,0106 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,2069 | 0,0106 | 0,2175 | 0,3448 | 0,3448 | 0,2069 |
| A7   | 0,1379 | 0,1379 | 0,1485 | 0,1379 | 0,1375 | 0,1379 | 0      | 0      | 0,3448 | 0,1485 | 0,3554 | 0,3448 | 0,3448 | 0,3448 |
| A8   | 0,1379 | 0,1379 | 0,1485 | 0,1379 | 0,1375 | 0,1379 | 0      | 0      | 0,3448 | 0,1485 | 0,3554 | 0,3448 | 0,3448 | 0,3448 |
| A9   | 0      | 0      | 0,0106 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,0106 | 0,0106 | 0,1379 | 0,1379 | 0      |
| A10  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,2069 | 0      | 0,2069 | 0,3448 | 0,3448 | 0,2069 |
| A11  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,1379 | 0,1379 | 0      |
| A12  | 0      | 0      | 0,0106 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,0106 | 0,0106 | 0      | 0      | 0      |
| A13  | 0      | 0      | 0,0106 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,0106 | 0,0106 | 0      | 0      | 0      |
| A14  | 0      | 0      | 0,0106 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0,0106 | 0,0106 | 0,1379 | 0,1379 | 0      |

Figura 243 – Matriz de índices de preferência, para o Cenário III (Decisor 3), conforme o método PROMETHEE II (Fonte: o pesquisador)

Está-se então em condições de prosseguir para o passo seguinte do método PROMETHEE II, que é o de calcular os fluxos de superação positivos ( $\Phi_i^+$ ) e negativos ( $\Phi_i^-$ ), para cada uma das alternativas, agora para o Cenário III (Decisor 3). Uma vez mais esses fluxos vão ser calculados quer como resultados de somatórias quer como médias dessas mesmas somatórias.

**Fluxo positivo para a alternativa A1 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,2069 + 0,0106 + 6 * 0,2069 + 2 * 0,2175 + 2 * 0,3448 + 0,2069 = 2,7904$ ; como média do valor de somatória = 0,2146

**Fluxo negativo para a alternativa A1 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,1724 + 4 * 0 + 2 * 0,1379 + 6 * 0 = 0,4482$ ; como média do valor de somatória = 0,0345;

**Fluxo positivo para a alternativa A2 (como resultado de somatória) =**  $0,1724 + 0 + 0,183 + 5 * 0,1724 + 0,3793 + 0,183 + 0,3899 + 2 * 0,5172 + 0,3723 = 3,5763$ ; como média do valor de somatória = 0,2751;

**Fluxo negativo para a alternativa A2 (como resultado de somatória) =**  $0,2069 + 0 + 0,2069 + 3 * 0 + 2 * 0,1379 + 6 * 0 = 0,6896$ ; como média do valor de somatória = 0,0530;

**Fluxo positivo para a alternativa A3 (como resultado de somatória) =**  $0 + 0,2069 + 0 + 8 * 0,2069 + 2 * 0,3448 + 0,2069 = 2,7586$ ; como média do valor de somatória = 0,2122;

**Fluxo negativo para a alternativa A3 (como resultado de somatória) =**  $0,0106 + 0,183 + 0 + 3 * 0,0106 + 2 * 0,1485 + 0,0106 + 2 * 0 + 3 * 0,0106 = 0,5648$ ; como média do

valor de somatória = 0,0434;

**Fluxo positivo para a alternativa A4 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,0106 + 5 * 0 + 0,2069 + 0,0106 + 0,2175 + 2 * 0,3448 + 0,2069 = 1,3421$** ; como média do valor de somatória = 0,1032;

**Fluxo negativo para a alternativa A4 (como resultado de somatória) =  $0,2069 + 0,1724 + 0,2069 + 3 * 0 + 2 * 0,1379 + 6 * 0 = 0,862$** ; como média do valor de somatória = 0,0663;

**Fluxo positivo para a alternativa A5 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,0106 + 5 * 0 + 0,2069 + 0,0106 + 0,2175 + 2 * 0,3448 + 0,2069 = 1,3421$** ; como média do valor de somatória = 0,1032;

**Fluxo negativo para a alternativa A5 (como resultado de somatória) =  $0,2069 + 0,1724 + 0,2069 + 3 * 0 + 2 * 0,1375 + 6 * 0 = 0,862$** ; como média do valor de somatória = 0,0663;

**Fluxo positivo para a alternativa A6 (como resultado de somatória) =  $0,2069 + 0,1724 + 0,2069 + 3 * 0 + 2 * 0,1379 + 6 * 0 = 0,862$** ; como média do valor de somatória = 0,0663;

**Fluxo negativo para a alternativa A6 (como resultado de somatória) =  $0,1875 + 0,0625 + 0,1875 + 11 * 0 = 0,4375$** ; como média do valor de somatória = 0,0337;

**Fluxo positivo para a alternativa A7 (como resultado de somatória) =  $2 * 0,1379 + 0,1485 + 3 * 0,1379 + 2 * 0 + 0,3448 + 0,1485 + 0,3554 + 3 * 0,3448 = 2,7211$** ; como média do valor de somatória = 0,2093;

**Fluxo negativo para a alternativa A7 (como resultado de somatória) =  $0,2069 + 0,1724 + 0,2069 + 11 * 0 = 0,5862$** ; como média do valor de somatória = 0,0451;

**Fluxo positivo para a alternativa A8 (como resultado de somatória) =  $2 * 0,1379 + 0,1485 + 3 * 0,1379 + 2 * 0 + 0,3448 + 0,1485 + 0,3554 + 3 * 0,3448 = 2,7211$** ; como média do valor de somatória = 0,2093;

**Fluxo negativo para a alternativa A8 (como resultado de somatória) =  $0,2069 + 0,1724 + 0,2069 + 11 * 0 = 0,5862$** ; como média do valor de somatória = 0,0451;

**Fluxo positivo para a alternativa A9 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,0106 + 6 * 0 + 2 * 0,0106 + 2 * 0,1379 + 0 = 0,3076$** ; como média do valor de somatória = 0,0237;

**Fluxo negativo para a alternativa A9 (como resultado de somatória) =  $0,2069 + 0,3793 + 4 * 0,2069 + 2 * 0,3448 + 0 + 0,2069 + 4 * 0 = 2,3103$** ; como média do valor de

somatória = 0,1777;

**Fluxo positivo para a alternativa A10 (como resultado de somatória) =  $8 * 0 + 0,2069 + 0 + 0,2069 + 2 * 0,3448 + 0,2069 = 1,3103$** ; como média do valor de somatória = 0,1008;

**Fluxo negativo para a alternativa A10 (como resultado de somatória) =  $0,2175 + 0,183 + 0,2069 + 3 * 0,0106 + 2 * 0,1485 + 0,0106 + 2 * 0 + 3 * 0,0106 = 0,9786$** ; como média do valor de somatória = 0,0753;

**Fluxo positivo para a alternativa A11 (como resultado de somatória) =  $11 * 0 + 2 * 0,1379 + 0 = 0,2758$** ; como média do valor de somatória = 0,0212;

**Fluxo negativo para a alternativa A11 (como resultado de somatória) =  $0,2175 + 0,3889 + 0,2069 + 3 * 0,2175 + 2 * 0,3554 + 0,0106 + 0,2069 + 0 + 3 * 0,0106 = 2,4269$** ; como média do valor de somatória = 0,1867;

**Fluxo positivo para a alternativa A12 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,0106 + 6 * 0 + 2 * 0,0106 + 3 * 0 = 0,0318$** ; como média do valor de somatória = 0,0002;

**Fluxo negativo para a alternativa A12 (como resultado de somatória) =  $0,3448 + 0,5172 + 6 * 0,3448 + 0,1379 + 0,3448 + 0,1379 + 2 * 0 + 0,1379 = 3,6893$** ; como média do valor de somatória = 0,2838;

**Fluxo positivo para a alternativa 13 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,0106 + 6 * 0 + 2 * 0,0106 + 3 * 0 = 0,0318$** ; como média do valor de somatória = 0,0002;

**Fluxo negativo para a alternativa A13 (como resultado de somatória) =  $0,3448 + 0,5172 + 6 * 0,3448 + 0,1379 + 0,3448 + 0,1379 + 2 * 0 + 0,1379 = 3,6893$** ; como média do valor de somatória = 0,2838;

**Fluxo positivo para a alternativa A14 (como resultado de somatória) =  $2 * 0 + 0,0106 + 6 * 0 + 2 * 0,0106 + 2 * 0,1379 + 0 = 0,3076$** ; como média do valor de somatória = 0,0237;

**Fluxo negativo para a alternativa A14 (como resultado de somatória) =  $0,2069 + 0,3723 + 4 * 0,2069 + 2 * 0,3448 + 0 + 0,2069 + 4 * 0 = 2,3033$** ; como média do valor de somatória = 0,1772;

Desta forma, está-se em condições de prosseguir para o passo seguinte do método PROMETHEE II, que é o de **calcular os fluxos líquidos para cada uma das alternativas**. Pode-se fazê-lo como somatória ou como média de somatória. Na tese, a autora preferiu trabalhar com as médias de somatória, e é o que se fará.

$$\text{Fluxo Líquido} = \emptyset_i^+ - \emptyset_i^-$$

Fluxo líquido para a alternativa A1 = ( 0,2146 – 0,0345 ) = 0,1801 ~ 0,18

Fluxo líquido para a alternativa A2 = ( 0,2751 – 0,0530 ) = 0,2221 ~ 0,22

Fluxo líquido para a alternativa A3 = ( 0,2122 – 0,0434 ) = 0,1688 ~ 0,17

Fluxo líquido para a alternativa A4 = ( 0,1032 – 0,0663 ) = 0,0369 ~ 0,04

Fluxo líquido para a alternativa A5 = ( 0,1032 – 0,0662 ) = 0,0370 ~ 0,04

Fluxo líquido para a alternativa A6 = ( 0,1032 – 0,0663 ) = 0,0369 ~ 0,04

Fluxo líquido para a alternativa A7 = ( 0,2093 – 0,0451 ) = 0,1642 ~ 0,16

Fluxo líquido para a alternativa A8 = ( 0,2093 – 0,0451 ) = 0,1642 ~ 0,16

Fluxo líquido para a alternativa A9 = ( 0,0237 – 0,1777 ) = -0,154 ~ -0,15

Fluxo líquido para a alternativa A10 = ( 0,1008 – 0,0753 ) = 0,0255 ~ 0,03

Fluxo líquido para a alternativa A11 = ( 0,0212 – 0,1867 ) = -0,1655 ~ -0,17

Fluxo líquido para a alternativa A12 = ( 0,0002 – 0,2838 ) = -0,2836 ~ -0,28

Fluxo líquido para a alternativa A13 = ( 0,0002 – 0,2838 ) = -0,2836 ~ -0,28

Fluxo líquido para a alternativa A14 = ( 0,0237 – 0,1772 ) = -0,1535 ~ -0,15

Os resultados a que o pesquisador chegou para o Cenário III são praticamente idênticos aos da autora da tese. Assim, e com uma aproximação às centésimas, existem 8 alternativas para os quais os resultados são rigorosamente iguais (A1, A2, A4, A5, A6, A9, A11 e A14). Em outras quatro alternativas diferem apenas em uma centésima (A3, A7 e A8 e A10). E em duas alternativas a diferença é de oito centésimas apenas (A12 e A13). Uma vez mais a autora apresenta os seus valores sob a forma de gráfico de barras.

Pode-se então passar à **ordenação das alternativas** para o decisor 3 (= Cenário 3 ), apresentada na figura 244.

|     | O+ MÉDIOpesq | O- MÉDIOpesq | Ø LÍQU MÉDIOpesq | Ø LÍQU MÉDIOautor | ORDEmpesq | ORDEMautora |
|-----|--------------|--------------|------------------|-------------------|-----------|-------------|
| A1  | 0,2146       | -0,0345      | 0,1801           | 0,18              | 2º        | 2º          |
| A2  | 0,2751       | -0,053       | 0,2221           | 0,22              | 1º        | 1º          |
| A3  | 0,2122       | -0,0434      | 0,1688           | 0,16              | 5º        | 5º          |
| A4  | 0,1032       | -0,0663      | 0,0369           | 0,04              | 6º        | 6º          |
| A5  | 0,1032       | -0,0662      | 0,037            | 0,04              | 6º        | 6º          |
| A6  | 0,1032       | -0,0663      | 0,0369           | 0,04              | 6º        | 6º          |
| A7  | 0,2093       | -0,0451      | 0,1642           | 0,17              | 3º        | 3º          |
| A8  | 0,2093       | -0,0451      | 0,1642           | 0,17              | 3º        | 3º          |
| A9  | 0,0237       | -0,1777      | -0,154           | -0,15             | 10º       | 10º         |
| A10 | 0,1008       | -0,0753      | 0,0255           | 0,02              | 9º        | 9º          |
| A11 | 0,0212       | -0,1867      | -0,1655          | -0,17             | 12º       | 12º         |
| A12 | 0,0002       | -0,2838      | -0,2836          | -0,2              | 13º       | 13º         |
| A13 | 0,0002       | -0,2838      | -0,2836          | -0,2              | 13º       | 13º         |
| A14 | 0,0237       | -0,1772      | -0,1535          | -0,15             | 10º       | 10º         |

Figura 244 – Ordenamento das alternativas para o Decisor 3 – Cenário III (Fonte: o pesquisador)

Da figura acima pode-se observar que, tomando os valores com aproximação à segunda casa decimal (centésimas), pesquisador e autora obtêm **rigorosamente** a mesma ordenação entre as alternativas. A 4ª casa decimal (aproximação às décimas de milésimas), só serve para o pesquisador desempatar as alternativas que antes estavam ambas em 10º lugar (A9 e A14), fazendo com que então apareça A9 em 11º lugar e A14 em 10º lugar.

Pode-se também estabelecer um quadro comparativo entre os ordenamentos obtidos quer para o pesquisador quer para a autora para os três cenários. É o que consta na figura 245.

|     | CENÁRIO I     |               | CENÁRIO II    |               | CENÁRIO III   |               |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|     | ORDENAÇ PESQU | ORDENAÇ AUTOR | ORDENAÇ PESQU | ORDENAÇ AUTOR | ORDENAÇ PESQU | ORDENAÇ AUTOR |
| A1  | 2º            | 2º            | 1º            | 1º            | 2º            | 2º            |
| A2  | 1º            | 1º            | 2º            | 5º            | 1º            | 1º            |
| A3  | 8º            | 8º            | 9º            | 10º           | 5º            | 5º            |
| A4  | 5º            | 5º            | 3º            | 6º            | 6º            | 6º            |
| A5  | 5º            | 5º            | 3º            | 6º            | 6º            | 6º            |
| A6  | 5º            | 5º            | 3º            | 6º            | 6º            | 6º            |
| A7  | 3º            | 3º            | 6º            | 3º            | 3º            | 3º            |
| A8  | 3º            | 3º            | 6º            | 3º            | 3º            | 3º            |
| A9  | 9º            | 9º            | 8º            | 9º            | 10º           | 10º           |
| A10 | 11º           | 11º           | 11º           | 12º           | 9º            | 9º            |
| A11 | 12º           | 12º           | 14º           | 11º           | 12º           | 12º           |
| A12 | 12º           | 13º           | 12º           | 13º           | 13º           | 13º           |
| A13 | 12º           | 13º           | 12º           | 13º           | 13º           | 13º           |
| A14 | 10º           | 10º           | 10º           | 2º            | 10º           | 10º           |

Figura 245 – Comparação entre os ordenamentos para os 3 cenários, seja para o pesquisador ou a autora (Fonte: o pesquisador)

Da figura acima constata-se que o pesquisador e a autora obtiveram resultados basicamente iguais um ao outro para os cenários I e III, tendo-se registrado algumas diferenças entre ambos quanto aos resultados para o cenário II.

### 3.4.4. O MÉTODO MULTICRITERIAL TOPSIS

#### 3.4.4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O método multicriterial TOPSIS é um método de decisão multicriterial discreto baseado em “rankings”. A sigla “TOPSIS” em inglês temo seguinte significado: “Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution”, que se pode traduzir para português como “Técnica para Ordenar Preferências por Semelhança com a Solução Ideal”. O método foi desenvolvido por Hwang e Yoon no ano de 1981; baseia-se na ideia de que é desejável que uma determinada alternativa se localize ao mesmo tempo à menor distância em relação a uma **alternativa ideal**, que representa o melhor (**ideal positiva ou simplesmente “ideal”**) e à maior distância em relação a uma **alternativa anti-ideal** que representa o pior

(ideal negativa ou “anti-ideal”).

A **alternativa ideal** não tem que ser necessariamente observada (verificar-se) e **determina-se a partir dos melhores valores do conjunto de alternativas**; de modo semelhante, a **alternativa anti-ideal** é uma alternativa que não necessariamente integrará o conjunto das alternativas reais e **determina-se a partir dos piores valores do conjunto de alternativas**.

Clarificando melhor o referido anteriormente com um exemplo: suponha-se que se tem um problema multicritério com 3 critérios (critério 1; critério 2; critério 3) e 3 alternativas (alternativa A; alternativa B; alternativa C); o **primeiro e o terceiro critério representam algo desejável**, desse modo as melhores alternativas serão aquelas que **maximizam** esses dois critérios; pelo contrário, o **segundo critério representa algo indesejável**, e portanto as melhores alternativas serão aquelas que **minimizam** esse critério. Dados os valores que constam na tabela da figura 246 a seguir, dos atributos para cada alternativa, a **alternativa ideal surge de eleger o máximo valor dentre os valores registrados para as várias alternativas no critério 1, também o máximo valor dentre os valores registrados para as várias alternativas no critério 3 e o mínimo valor dentre os valores registrados para as várias alternativas no critério 2**; de modo semelhante a **alternativa anti-ideal resulta de eleger o mínimo valor dentre os valores registrados pelas alternativas para o critério 1, o mínimo valor dentre os valores registrados pelas alternativas para o critério 3, e o máximo valor dentre os valores registrados pelas alternativas para o critério 2**.

|                               | CRITÉRIO 1 - MÁX | CRITÉRIO 2 - MÍN | CRITÉRIO 3 - MÁX |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Alternativa A</b>          | 3                | 5                | 2                |
| <b>Alternativa B</b>          | 2                | 1                | 3                |
| <b>Alternativa C</b>          | 1                | 2                | 7                |
| <b>Alternativa IDEAL</b>      | 3                | 1                | 7                |
| <b>Alternativa ANTI-IDEAL</b> | 1                | 5                | 2                |

Figura 246 – Determinação da alternativa ideal e da alternativa anti-ideal a partir dos desempenhos de um conjunto de alternativas reais (Fonte: o pesquisador)

Como se pode verificar pela figura 246 acima, nem a alternativa ideal nem tampouco a alternativa anti-ideal são alternativas reais (que se verificam na realidade, de verdade).

Como se disse anteriormente, o método TOPSIS busca uma alternativa que se localize ao mesmo tempo à menor distância da alternativa ideal e à maior distância da alternativa anti-ideal. Tentando visualizar isso através de um exemplo com 5 alternativas



(alternativas A, B, C, D, E) e dois critérios pode-se observar a figura 247 abaixo.

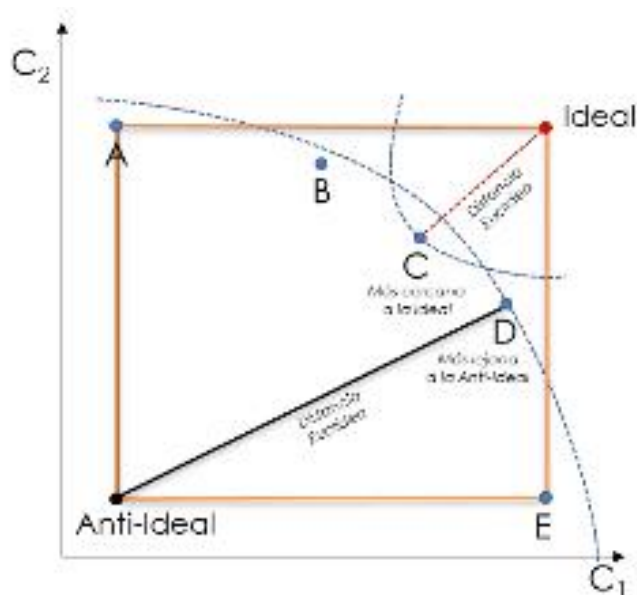


Figura 247 – Exemplo gráfico de aplicação do método Topsis para situação com 5 alternativas (Fonte: o pesquisador)

Para construir a alternativa ideal devemos selecionar o máximo valor dentre as 5 alternativas (ponto da figura assinalado como “IDEAL”) em cada critério (os critérios C1 e C2 são ambos critérios “desejáveis”, ou a maximizar, portanto). No caso da figura 247 acima e para o critério C2 corresponderia ao valor da alternativa A (alternativa que maximiza C2), e quanto ao critério C1, corresponderia ao valor da alternativa E (alternativa que maximiza C1). A alternativa ideal seria portanto aquela que maximizasse ao mesmo tempo aqueles dois critérios, (ponto “IDEAL”, no gráfico; pelo contrário, para construir a alternativa anti-ideal deve-se selecionar o mínimo valor dentre as 5 alternativas em cada critério. No caso do gráfico e para o critério C2 corresponderia ao valor da alternativa E, para o mesmo. E para o critério C1 corresponderia ao valor da alternativa A, para o referido. Desse modo, a alternativa anti-ideal seria aquela que minimizasse ao mesmo tempo os dois critérios (ponto “ANTI-IDEAL”, na figura 247).

A seguir, e para se determinar, dentre as alternativas reais, qual é que se aproximaria mais da alternativa ideal, traçar-se-ia uma circunferência cujo centro estaria sobre o ponto “IDEAL”. Chegar-se-ia à conclusão que a alternativa real que estaria mais próxima (menor raio de circunferência cujo centro está no ponto “IDEAL” e que passa pelo ponto correspondente a uma das 5 alternativas reais) da alternativa ideal seria a alternativa C – distância “euclídea - .”

De igual modo, e para estabelecer qual é/será a alternativa mais distante/longínqua da alternativa anti-ideal, traçam-se circunferências com raios a partir de um ponto, que é o

respetivo centro, e que corresponde ao ponto “anti-ideal” (ver figura 247 atrás) e a alternativa cujo raio de circunferência fôr o maior (mais distante), é a alternativa que se procura. No caso da figura 247 anterior seria/será/é a alternativa D. Como se pode verificar por essa mesma figura, **nem sempre a alternativa mais próxima da ideal será necessariamente também a alternativa mais longínqua da anti-ideal; então o método TOPSIS propõe-se determinar a melhor alternativa, em função de um rácio que inclua ambas as distâncias.**

#### 3.4.4.2 PASSOS DO MÉTODO TOPSIS

- ✓ **Passo 1:** Definição da matriz de decisão. Implica quatro aspectos
  - ✓ 1.1 – Definir o conjunto de alternativas;
  - ✓ 1.2 – Definir o conjunto de critérios;
  - ✓ 1.3 – Definir o peso de cada um dos critérios;
  - ✓ 1.4 – Definir os atributos (valores) de cada uma das alternativas segundo cada um dos critérios;
- ✓ **Passo 2:** Normalização da matriz de decisão (dividir cada componente pela norma do vetor coluna da qual faz parte,  $v_{ij}$ )
- ✓ **Passo 3:** Construção da matriz de decisão normalizada ponderada (ponderar cada valor pelo peso de cada critério)
- ✓ **Passo 4:** Determinação da alternativa ideal positiva (SIP) e da alternativa anti-ideal ou ideal negativa (SIN) => seleccionar de entre os valores dados para os atributos em cada alternativa o melhor valor, para a alternativa ideal, e o pior valor, para a alternativa anti-ideal.
- ✓ **Passo 5:** Cálculo das medidas de distância => determinar as distâncias de cada alternativa à alternativa/solução ideal e à alternativa/solução anti-ideal, medidas que se resumem mediante um vetor.
- ✓ **Passo 6:** Cálculo da proximidade relativa à alternativa ideal => Estimar o rácio  $RS_i$
- ✓ **Passo 7:** Ordenar as preferências => Ordenar do maior para o menor os rácios antes determinados

#### 3.4.4.3 EXEMPLO PRÁTICO DIDÁTICO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO TOPSIS

Exemplo: Suponha-se que se deva seleccionar um fornecedor para um determinado

produto, e que existem 6 fornecedores disponíveis (alternativas). E que se definem três critérios para esse fornecimento: 1 – Custo do produto; 2 – Qualidade do produto (medida pelo nº de produtos com defeito); 3 – Vida útil do produto.

O custo do produto é, logicamente, um critério que deve ser minimizado. Quanto ao critério qualidade, medido pelo nº de produtos com defeito, é desejável que seja minimizado. Já a vida útil do produto, é desejável que seja maximizada. Os pesos de cada um desses 3 critérios, no processo de decisão, são definidos pelo decisor e são os que se apresentam na figura 248; os atributos (valores de desempenho de cada uma das alternativas – cada um dos fornecedores possíveis – segundo cada um dos critérios definidos) são os elementos das linhas e colunas nessa figura.

**Passo 1: Definição da matriz de decisão.**

|                     | CUSTO -<br>MINIMIZAR | QUALIDADE (Nº<br>DE DEFEITOS) -<br>MINIMIZAR | VIDA ÚTIL -<br>MAXIMIZAR |
|---------------------|----------------------|--|--------------------------|
| Fornecedor 1        | 185                  | 6,5  | 12.850                   |
| Fornecedor 2        | 290                  | 7,5  | 13.695                   |
| Fornecedor 3        | 310                  | 7,6  | 12.870                   |
| Fornecedor 4        | 245                  | 6,5  | 11.385                   |
| Fornecedor 5        | 325                  | 7,55   | 11.235                   |
| Fornecedor 6        | 235                  | 6,85   | 12.525                   |
| Pesos dos Critérios | 0,3                  | 0,4  | 0,3                      |

Figura 248 – Matriz de decisão para exemplo didático de aplicação do método TOPSIS (Fonte: o pesquisador)

**Passo 2: Normalização da matriz de decisão** (dividir cada componente pela norma do vetor coluna da qual faz parte,  $v_{ij}$  )

Para este efeito deve-se calcular a norma do vetor de cada uma das colunas da matriz de decisão. Para isso usa-se a seguinte fórmula: Norma =  $(\sum_{i=1}^m (r_{ij})^2)^{0,5}$  ; ou seja, para determinar a norma dos vetores de cada uma das colunas, eleva-se ao quadrado cada um dos elementos/atributos dessa coluna, faz-se a somatória desses quadrados e depois calcula-se a raiz quadrada do valor dessa somatória de quadrados. No presente exemplo, ficaria então que:

- Norma do vetor Custo  $= (185^2 + 290^2 + 310^2 + 245^2 + 325^2 + 235^2)^{0,5} = 659,77$ ;

- Norma do vetor Qualidade  $= (6,50^2 + 7,50^2 + 7,60^2 + 6,50^2 + 7,55^2 + 6,85^2)^{0,5} = 17,39$ ;

- Norma do vetor Vida Útil  $= (12.850^2 + 13.695^2 + 12.870^2 + 11.385^2 + 11.235^2 + 12.525^2)^{0,5} = 30.512,81$ ;

Agora, para proceder à normalização da matriz de decisão da figura 248 é só dividir cada um dos atributos da matriz pelo valor da norma da correspondente coluna a que pertence, ou seja, aplicando a fórmula  $v_{ij} = (r_{ij} / (\sum_{i=1}^m (r_{ij})^2)^{0,5})$ ; desse modo, chega-se então à matriz de decisão normalizada da figura 249 a seguir.

|              | CUSTO -<br>MINIMIZAR | QUALIDADE (Nº<br>DE DEFEITOS) -<br>MINIMIZAR | VIDA ÚTIL -<br>MAXIMIZAR |
|--------------|----------------------|--|--------------------------|
| Fornecedor 1 | 0,2804               | 0,3738                                       | 0,4211                   |
| Fornecedor 2 | 0,4395               | 0,4313                                       | 0,4488                   |
| Fornecedor 3 | 0,4699               | 0,437  | 0,4218                   |
| Fornecedor 4 | 0,3713               | 0,3738                                       | 0,3731                   |
| Fornecedor 5 | 0,4926               | 0,4341                                       | 0,3682                   |
| Fornecedor 6 | 0,3562               | 0,3939                                       | 0,4105                   |

Figura 249 – Matriz de decisão normalizada para exemplo didático de aplicação do método TOPSIS (Fonte: o pesquisador)

**Passo 3: Construção da matriz de decisão normalizada ponderada** (ponderar cada valor pelo peso de cada critério)

Multiplicando então cada um dos elementos da matriz 249 anterior pelos pesos dos critérios respetivos chega-se assim à figura 250 a seguir.

|                     | CUSTO -<br>MINIMIZAR | QUALIDADE (Nº DE<br>DEFEITOS) -<br>MINIMIZAR | VIDA ÚTIL -<br>MAXIMIZAR |
|---------------------|----------------------|--|--------------------------|
| Fornecedor 1        | 0,0841               | 0,1495                                       | 0,1263                   |
| Fornecedor 2        | 0,1319               | 0,1725                                       | 0,1346                   |
| Fornecedor 3        | 0,1410               | 0,1748                                       | 0,1265                   |
| Fornecedor 4        | 0,1114               | 0,1495                                       | 0,1119                   |
| Fornecedor 5        | 0,1478               | 0,1736                                       | 0,1105                   |
| Fornecedor 6        | 0,1069               | 0,1576                                       | 0,1232                   |
| Pesos dos critérios | 0,30                 | 0,40   | 0,30                     |

Figura 250 – Matriz de decisão normalizada ponderada para exemplo didático de aplicação do método TOPSIS (Fonte: o pesquisador)

Chegando-se aqui pode-se passar para o passo seguinte que é o de determinar a alternativa ideal positiva (SIP) e a alternativa anti-ideal ou ideal negativa (SIN). Para isso, e no presente exemplo, considerando que os critérios Custo e Qualidade são critérios a minimizar (posto que a qualidade é medida pelo número de defeitos) e que o critério vida útil é um critério a maximizar, para determinar a alternativa ideal bastará selecionar, na matriz normalizada e ponderada da 250 anterior, os menores valores de atributos nas colunas correspondentes aos critérios Custo e Qualidade, e o maior valôr de atributo na coluna correspondente ao critério Vida Útil. Por outro lado, para determinar a alternativa anti-ideal bastará selecionar o maior valôr de atributo nas colunas correspondentes aos critérios Custo e Qualidade, e no menor valor de atributo na coluna correspondente ao critério Vida Útil. Chegar-se-ia assim à figura 251 a seguir.

|                        | CUSTO -<br>MINIMIZAR | QUALIDADE (Nº DE<br>DEFEITOS) -<br>MINIMIZAR | VIDA ÚTIL -<br>MAXIMIZAR |
|------------------------|----------------------|--|--------------------------|
| Fornecedor 1           | 0,0841               | 0,1495                                       | 0,1263                   |
| Fornecedor 2           | 0,1319               | 0,1725                                       | 0,1346                   |
| Fornecedor 3           | 0,1410               | 0,1748                                       | 0,1265                   |
| Fornecedor 4           | 0,1114               | 0,1495                                       | 0,1119                   |
| Fornecedor 5           | 0,1478               | 0,1736                                       | 0,1105                   |
| Fornecedor 6           | 0,1069               | 0,1576                                       | 0,1232                   |
| Alternativa IDEAL      | 0,0841               | 0,1495                                       | 0,1346                   |
| Alternativa ANTI-IDEAL | 0,1478               | 0,1748                                       | 0,1105                   |

Figura 251 – Alternativa ideal e alternativa anti-ideal, para exemplo didático de aplicação do método TOPSIS (Fonte: o pesquisador)

**Passo 4: Determinação da alternativa ideal positiva (SIP) e da alternativa anti-ideal** ou ideal negativa (SIN) => selecionar de entre os valores dados para os atributos em cada alternativa o melhor valor, para a alternativa ideal, e o pior valor, para a alternativa anti-ideal. Ver a este propósito a figura 251 anterior.

Neste momento têm-se todas as informações para prosseguir para o passo seguinte, que se trata de calcular todas as distâncias de cada uma das alternativas, seja em relação à alternativa ideal, seja em relação à alternativa anti-ideal. Assim, a distância de uma determinada alternativa **real** à alternativa **ideal** resulta de calcular a raiz quadrada de uma soma de quadrados, sendo que cada um desses quadrados resulta da diferença entre o atributo da alternativa **real** segundo um determinado critério e o atributo da alternativa **ideal** segundo esse mesmo critério, diferença essa elevada ao quadrado. Soma-se isso para todos os critérios e para cada uma das alternativas, e para cada uma delas calcula-se a raiz quadrada dessa soma de quadrados. Para calcular a distância entre uma determinada alternativa e a alternativa anti-ideal procede-se de modo análogo. No fundo, trata-se de aplicar as expressões que se seguem:

$$\text{Distância à Alternativa Ideal: } \bar{d}_i^+ = [\sum_j (\bar{v}_{ij} - \bar{A}_j^+)^2]^{0,5}$$

$$\text{Distância à Alternativa Anti-ideal: } \bar{d}_i^- = [\sum_j (\bar{v}_{ij} - \bar{A}_j^-)^2]^{0,5}$$

Chegar-se-ia então para o presente exemplo à matriz de distâncias que consta da figura 252 a seguir.

**Passo 5: Cálculo das medidas de distância** => determinar as distâncias de cada alternativa à alternativa/solução ideal e à alternativa/solução anti-ideal

|              | DISTÂNCIA À ALTERNATIVA IDEAL (di+) | DISTÂNCIA À ALTERNATIVA ANTI-IDEAL (di-) | RSi = (di-)/(di+ + di-) |
|--------------|-------------------------------------|--|-------------------------|
| Fornecedor 1 | 0,0083                              | 0,0703                                   | 0,894402                |
| Fornecedor 2 | 0,0530                              | 0,0290                                   | 0,353659                |
| Fornecedor 3 | 0,0628                              | 0,0174                                   | 0,216958                |
| Fornecedor 4 | 0,0355                              | 0,0444                                   | 0,555695                |
| Fornecedor 5 | 0,0722                              | 0,0012                                   | 0,016349                |
| Fornecedor 6 | 0,0267                              | 0,0462                                   | 0,633745                |

Figura 252 – Distâncias das várias alternativas à alternativa ideal e à alternativa anti-ideal; cálculo dos valores do rácio RSi para as diversas alternativas, para exemplo didático de aplicação do método TOPSIS (Fonte: o pesquisador)

**Passo 6:** Cálculo da proximidade relativa à alternativa ideal => **Estimar o rácio RSi**

O passo seguinte consiste em determinar a proximidade relativa de uma alternativa à alternativa ideal. Para isso usa-se a expressão de um rácio, que é a expressão que se apresenta a seguir:

$RS_i = \frac{\overline{d_i^-}}{(\overline{d_i^+} + \overline{d_i^-})}$ , sendo  $\overline{d_i^-}$  a distância da alternativa real à alternativa anti-ideal, e  $\overline{d_i^+}$  a distância da alternativa real à alternativa ideal.

Os resultados desse rácio para as diferentes alternativas são os que constam já também na 252 anterior.

No presente exemplo, e como pode se observar pelos valores da figura 252 acima, verifica-se que a alternativa que cumpre simultaneamente o critério da menor distância em relação à alternativa ideal e da maior distância em relação à alternativa anti-ideal é a alternativa Fornecedor 1. E, portanto, é natural que essa venha a ser a melhor alternativa. Mas nem sempre assim acontece. Na maior parte dos casos, a alternativa real mais próxima da alternativa ideal é uma, e a alternativa real real mais longínqua da alternativa anti-ideal é outra. E no final pode até acontecer que a melhor alternativa não seja nenhuma delas as duas, mas sim uma terceira que satisfaça melhor em simultâneo as duas condições.

Finalmente, as alternativas ordenam-se por prioridades/preferências estabelecendo uma ordem decrescente entre os valores do rácio RSi. Assim, a melhor alternativa é aquela que apresenta o maior valôr desse rácio, a segunda melhor é a que apresenta o valor logo abaixo desse, e assim sucessivamente até a pior alternativa, que será aquela cujo valor do rácio é o menor de todos. É o que resulta no rankink da figura 253 a seguir.

**Passo 7: Ordenar as preferências** => Ordenar do maior para o menor os rácios antes determinados.

Para o presente exemplo hipotético e em função dos valores obtidos anteriormente para os rácios RSi a ordenação ficaria de acordo com a figura 253.

| ORDEM |              |          |
|-------|--------------|----------|
| 1     | Fornecedor 1 | 0,894402 |
| 2     | Fornecedor 6 | 0,633745 |
| 3     | Fornecedor 4 | 0,555695 |
| 4     | Fornecedor 2 | 0,353659 |
| 5     | Fornecedor 3 | 0,216958 |
| 6     | Fornecedor 5 | 0,016349 |

Figura 253 – Ordenação das alternativas em função dos valores obtidos para o rácio RSi, para exemplo didático de aplicação do método TOPSIS (Fonte: o pesquisador)

#### 3.4.4.4 DISSERTAÇÃO DE HELLER, P.G.B. (2007), COM O TÍTULO “AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO DE QUATRO MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS - MG. UMA ABORDAGEM DA DIMENSÃO TECNOLÓGICA.

O objetivo da dissertação é o que está implícito no seu título, e para isso foi utilizado o método TOPSIS. Antes de se entrar na aplicação do método propriamente dita, é importante apresentar alguns dados que ajudam a entender a realidade dos municípios estudados, até para contextualização do problema.

Trata-se então de fazer a avaliação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios de Itabirito, Nova Lima, Ouro Preto e Vespasiano, pertencentes ao estado de Minas Gerais.

O serviço de abastecimento de água nesses 4 municípios foi avaliado nos estágios de coleta, interceptação e tratamento de esgoto sanitário.

Essas avaliações foram quali-quantitativas de acordo com o esquema da figura 254.

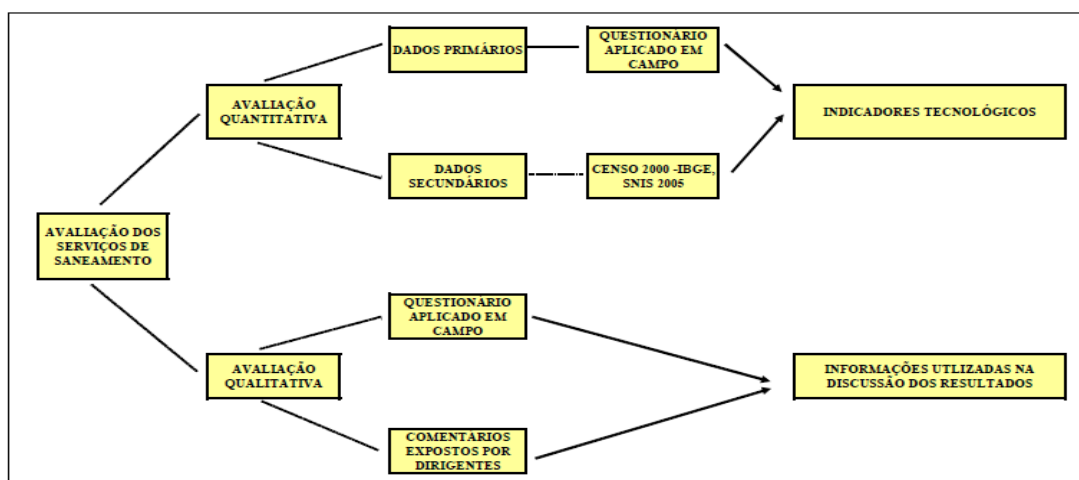


Figura 254 – Arranjo metodológico da avaliação dos serviços de saneamento dos municípios selecionados para a pesquisa(Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

Na figura 255 a seguir, apresentam-se de forma sintetizada os modelos de gestão dos serviços estudados.

| Distrito-sede             | Gestão dos serviços de abastecimento de água | Gestão dos serviços de esgotamento sanitário |
|---------------------------|--|--|
| Itabirito                 | Serviço Autônomo                             | Serviço Autônomo                             |
| Nova Lima                 | COPASA                                       | Prefeitura                                   |
| Ouro Preto <sup>(1)</sup> | Prefeitura → Serviço Autônomo                | Prefeitura → Serviço Autônomo                |
| Vespasiano                | COPASA                                       | COPASA                                       |

Figura 255 – Modelos de gestão dos serviços de saneamento estudados (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

(1) O município de Ouro Preto encontra-se em processo de estruturação de um serviço autônomo para gestão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A figura 256 apresenta a seguir algumas características sócio-econômicas e de saúde dos municípios estudados.

| Indicadores  | Itabirito | Nova Lima | Ouro Preto | Vespasiano |
|--|-----------|-----------|------------|------------|
| População urbana – distrito-sede (hab.)                  | 34.725    | 63.035    | 38.301     | 75.213     |
| IDH- Municipal (2000)                                    | 0,786     | 0,821     | 0,787      | 0,747      |
| Renda per capita (2000) (RS / hab.)                      | 252,20    | 404,80    | 253,80     | 196,50     |
| Mortalidade até 1 ano de idade (por 1000 nascidos vivos) | 27,6      | 27,0      | 27,9       | 32,8       |

Figura 256 – População e indicadores dos municípios selecionados para a pesquisa (Fonte: IBGE, 2000; Fundação João Pinheiro, 2000)

**Nota:** A população apresentada é a dos distritos-sede, mas o foco da pesquisa, diferentemente dos indicadores, é o do município como um todo.

A coleta de dados para a pesquisa foi feita através de um questionário que incluía questões que englobavam aspetos como caracterização do prestador de serviço, instrumentos de ordenamento de gestão, abastecimento de água, controle de qualidade da água e esgotamento sanitário, quadro de pessoal, imagem institucional e sistema tarifário.

**As informações abordadas pelo questionário para os distritos-sede dos municípios estudados tinham mais especificamente a ver com:**

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA** – Situação dos mananciais utilizados, dados de outorga, proteção de mananciais, estado físico das adutoras.

**ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA** – Comprimento, tipo de material, estado físico.



**TRATAMENTO DE ÁGUA** – Tipo de tratamento, conservação das unidades, critério de lavagem de filtros, equipamentos de laboratório, produtos químicos, equipe técnica;

**CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA E DISTRIBUÍDA** – Tipo e frequência das análises realizadas, resultados dessas análises, atendimento à portaria MS nº 518/2004; paralizações, intermitências e racionamentos na distribuição de água;

**PERDAS** – Índice e existência de programas de redução;

**PLANOS DIRETORES** - para os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário; número de ligações em redes de água e de esgotos;

**REDES COLETORAS E INTERCEPTORES** – cobertura e principais problemas apresentados;

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS** – nível do tratamento, características de operação, eficiência de tratamento, disposição dos resíduos gerados no tratamento;

**AMPLIAÇÕES E MELHORAS PREVISTAS** – para os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário;

Quanto a **variáveis qualitativas** do questionário, tem-se: principais dificuldades enfrentadas pelos gestores em se atender a norma de qualidade da água, problemas técnicos enfrentados na operação dos sistemas, dificuldades em se aumentar a cobertura dos serviços prestados.

Quanto às fontes de dados secundários usadas tem-se o que consta na figura 257.

| <b>Tipo de dado secundário</b>  | <b>Fonte</b>  |
|---|---|
| Dados sanitários  | SNIS e Censo 2000                                   |
| Dados populacionais   | IBGE  |
| Leis orgânicas, projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário e dados em geral sobre os sistemas. | COPASA, Serviços Autônomos, Prefeituras Municipais. |

Figura 257 – Fonte de dados secundários utilizados na pesquisa (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

A partir dos dados coletados construíram-se dois tipos de indicadores: indicadores de abastecimento de água e indicadores de esgotamento sanitário, de acordo com as figuras 258, 259 e 260 a seguir.

| Abastecimento de água                                   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| Indicador   | Descrição  | Fonte <sup>(1)</sup>      |
| 1. Existência de Plano diretor de abastecimento de água | –  | Questionário              |
| 2. Proteção dos mananciais                              | Sob as seguintes condições: vigilância, cercamento da área, preservação da vegetação, proibição de despejos e ausência de fontes poluidoras. | Questionário              |
| 3. Existência de outorga para captação                  | –  | Questionário              |
| 4. Cobertura por rede de água (%)                       | $(\text{número de domicílios atendidos por rede de água}) \div (\text{número de domicílios particulares permanentes}) \times 100$            | Censo Demográfico de 2000 |
| 5. Existência de cadastro de rede de distribuição       | –  | Questionário              |
| 6. Índice de perdas na distribuição (%)                 | $[\text{Volume de água (Produzido - de Serviço)} - \text{Volume de Água Consumido}] / [\text{Volume de Água (Produzido - de Serviço)}]$      | SNIS, 2005                |
| 7. Existência de programa de controle de perdas físicas | –  | Questionário              |
| 8. Regularidade do abastecimento                        | Relativo à continuidade, à intermitência e ao racionamento na distribuição de água.  | Questionário /SNIS, 2005  |

Figura 258 – Indicadores tecnológicos utilizados para a caracterização dos sistemas de abastecimento de água estudados – Parte I (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

| Abastecimento de água  |  |                      |
|--|--|----------------------|
| Indicador  | Descrição  | Fonte <sup>(1)</sup> |
| 9. Amostras de cloro residual fora do padrão (%)                 | $(\text{média de amostras de cloro residual com resultados fora do padrão}) / (\text{quantidade de amostras analisadas para esses parâmetros})$    | SNIS, 2005           |
| 10. Amostras de turbidez fora do padrão (%)                      | $(\text{média de amostras de turbidez com resultados fora do padrão}) / (\text{quantidade de amostras analisadas para esses parâmetros})$          | SNIS, 2005           |
| 11. Amostras bacteriológicas fora do padrão (%)                  | $(\text{número de amostras de coliformes totais com resultado fora do padrão}) / (\text{quantidade de amostras analisadas para esses parâmetros})$ | SNIS, 2005           |
| 12. Utilização de Jar-Test no tratamento de água                 | –  | Questionário         |
| 13. Critério para lavagem de filtros da ETA                      | Identificação do critério para lavagem de filtro adotado ( Perda de carga, turbidez da água filtrada, outro)                                       | Questionário         |
| 14. Controle automatizado de dosagem de produtos químicos na ETA |  | Questionário         |

Figura 259 – Indicadores tecnológicos utilizados para a caracterização dos sistemas de abastecimento de água estudados – Parte II (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

| Esgotamento sanitário                                     |  |                           |
|---|--|---------------------------|
| Indicador   | Descrição  | Fonte <sup>(1)</sup>      |
| 15. Existência de Plano diretor de esgotamento sanitário. | –  | Questionário              |
| 16. Cobertura por rede de esgotos (%).                    | (número de domicílios atendidos por rede de esgotos) ÷ (número de domicílios particulares permanentes) X 100 | Censo Demográfico de 2000 |
| 17. Existência de cadastro de rede coletora de esgotos.   | –  | Questionário              |
| 18. Adoção de sistema separador absoluto.                 | –  | Questionário              |
| 19. Índice de esgoto tratado.                             | ( volume de esgoto coletado e tratado) / (volume de esgoto coletado)   | Questionário              |

Figura 260 – Indicadores tecnológicos utilizados para a caracterização dos sistemas de esgotamento sanitário estudados (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

(1) – A Fonte Questionário significa que o dado foi obtido em campo, no momento da visita aos serviços de saneamento estudados.

Na resolução do problema recorreu-se a uma análise multicritério, por intermédio da aplicação do método TOPSIS. Como alternativas foram considerados os serviços sanitários. Foi feita uma agregação de indicadores de modo a se chegar numa hierarquização da qualidade tecnológica dos serviços de saneamento, através da atribuição de uma nota final para cada serviço.

Para o efeito começou por ser feita uma consulta aos especialistas, para determinação dos pesos de cada um dos critérios. Foram consultados 31 especialistas, dos quais 27 responderam. A pergunta que lhes foi feita foi a seguinte: “.....caso você fosse conferir um conceito global para a qualidade tecnológica dos serviços de água e de esgotos, que grau de importância você atribuiria a cada uma das seguintes variáveis (critérios) ?”; as respostas foram enquadradas nos seguintes graus de importância que constam da figura 261.

| Grau de importância |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 1                   | Pouco importante           |
| 2                   | Importante                 |
| 3                   | Muito importante           |
| 4                   | De fundamental importância |

Figura 261 – Classificação atribuída às variáveis da planilha eletrônica (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

O peso de cada indicador foi determinado pela mediana dos valores atribuídos pelos especialistas. Foi feita uma análise multicritério de forma separada para os campos “abastecimento de água” e “esgotamento sanitário”; para o campo “esgotamento sanitário” não foram usados todos os indicadores, já que apenas o município de Vespasiano possuía estação de tratamento de esgotos.

Para os indicadores dicotômicos (SIM/NÃO) foram atribuídos os valores de 1 ou de 0 (zero).

Para os indicadores de cobertura, perdas, amostras de qualidade da água para os parâmetros de cloro residual e turbidez, quantidade de rede do tipo separador absoluto e índice de esgoto tratado foram atribuídos valores numéricos.

Para o indicador de amostras bacteriológicas (coliformes totais) fora do padrão, foi estabelecida a seguinte regra: atribui-se o valor 1 se este percentual for  $\leq 5\%$  (valor embasado na Portaria nº 518/2004), ou então é atribuído o valor 0 (zero) se o percentual for  $> 5\%$ .

Para o indicador de regularidade do abastecimento foram atribuídos os valores {0; 1; 2; 3}, conforme o número de problemas apresentado: descontinuidade de fornecimento de água, intermitências ou racionamentos.

Para o indicador de proteção da captação foram atribuídos os valores {0; 1; 2; 3}, em função do número de condições apresentadas: vigilância, cercamento da área ou preservação da vegetação.

Os valores de indicadores que influenciam negativamente para a qualidade dos serviços de saneamento (perdas, amostras fora do padrão de qualidade da água e regularidade do abastecimento), foram expressos de forma inversa ( $=1/\text{indicador}$ ).

## ABASTECIMENTO DE ÁGUA

**# Captação/Adução** - situação dos serviços de saneamento no que se refere ao tipo de manancial, outorga e nível de proteção da captação (figura 262):

| Aspectos                  | Itabirito  | Nova Lima   | Ouro Preto  | Vespasiano                               |
|---------------------------|--|---|---|--|
| <b>Tipo de manancial</b>  | Superficial  | Superficial   | Superficial/<br>subterrânea                             | Superficial/<br>subterrânea              |
| <b>Outorga</b>            | Sim  | Sim   | Sim   | Não                                      |
| <b>Nível de proteção</b>  | Área cercada,<br>vegetação<br>preservada,<br>vigilância. | Área cercada,<br>vegetação preservada,<br>vigilância. | Área cercada,<br>vegetação<br>preservada <sup>(2)</sup> | Área cercada,<br>vegetação<br>preservada |
| <b>Fontes de poluição</b> | Atividade<br>mineradora <sup>(1)</sup>                   | Esgoto sanitário,<br>assoreamento.                    | Não   | Não                                      |

Figura 262 – Aspectos dos mananciais da captação de água dos distritos-sede de Itabirito, Nova Lima, Ouro Preto e Vespasiano (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

- (1) – A atividade mineradora refere-se a apenas uma das captações existentes;  
 (2) – O nível de proteção refere-se ao sistema de captação superficial.

# **Tratamento/Qualidade de água** - as informações relevantes, a respeito dos serviços estudados, e referentes ao tratamento de água, população atendida com tratamento, e critério de lavagem de filtros, estão sintetizadas na figura 263.

| Distrito-sede             | Tipo de tratamento / população atendida (%)                                     | Q nominal (L/s) / Q atual (L/s)   | Utilização de Jar-Test | Critério de lavagem de filtros | Dosagem automática de produto químico |
|---------------------------|---|---|------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Itabirito                 | Convencional com fluoretação (100%)   | Q <sub>nom.</sub> – 50 L/s<br>Q <sub>anual</sub> – 125 L/s<br>Sobrecarga de 150%                    | Não                    | 1 X ao dia                     | Não                                   |
| Nova Lima                 | Convencional com fluoretação (100%)   | Q <sub>nom.</sub> – 4.500 L/s<br>Q <sub>anual</sub> – 5.500 L/s<br>Sobrecarga de 22% <sup>(1)</sup> | Sim                    | Perda de carga e turbidez      | Sim                                   |
| Ouro Preto                | Convencional com fluoretação (39%)<br>Apenas desinfecção (61%)                  | Q <sub>nom.</sub> – 60 L/s<br>Q <sub>anual</sub> – 72 L/s<br>Sobrecarga de 17% <sup>(2)</sup>       | Não                    | Sem critério                   | Não                                   |
| Vespasiano <sup>(3)</sup> | Subterrânea – Desinfecção e fluoretação (45%)<br>Superficial – Convencional com | Q <sub>nom.</sub> – 150 L/s<br>Q <sub>anual</sub> – 80 L/s <sup>(2)</sup>                           | Não se aplica          | Não se aplica                  | Não                                   |

Figura 263 – Sistemas de tratamento da água distribuída nos distritos-sede de Itabirito, Nova Lima, Ouro Preto e Vespasiano (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

(1) – A vazão apresentada para Nova Lima corresponde à vazão da ETA Rio das Velhas para toda a RMBH;

(2) – Apresentou-se somente a vazão referente à ETA do distrito-sede de Ouro Preto (sistema de tratamento convencional);

(3) - Foi considerado na presente análise somente a vazão referente ao sistema de captação subterrânea de Vespasiano.

Já quanto ao atendimento à portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004, e no que se refere à frequência das análises realizadas e padrões de qualidade de água estabelecidos, as informações relevantes são as que se apresentam na figura 264 a seguir.

| Município  | Atendimento quanto à frequência de análises recomendadas pela Portaria 518/2004 |          |                   | Porcentagem de análises fora do padrão de qualidade recomendada pela Portaria 518/2004 (%) |          |                   |
|------------|---|----------|-------------------|--|----------|-------------------|
|            | Cloro residual  | Turbidez | Coliformes totais | Cloro residual   | Turbidez | Coliformes totais |
| Itabirito  | Sim   | Sim      | Sim               | 0,13   | 0,18     | 3,00              |
| Nova Lima  | Sim   | Sim      | Sim               | 0,96   | 0,56     | 3,80              |
| Ouro Preto | Sim   | Sim      | Sim               | 0,43   | 0,69     | 0,94              |
| Vespasiano | Sim   | Sim      | Sim               | 2,40   | 0,34     | 6,39              |

Figura 264 – Atendimento quanto à frequência de amostras e padrões da qualidade da água para consumo humano dos municípios estudados (Fonte: SNIS, 2005, apud Heller, P.G.B. , 2007)

**# Distribuição de água** - Os dados mais relevantes relativos à cobertura por rede de distribuição de água, ao índice de perdas na distribuição e ao cadastro de redes são os que se apresentam na figura 265 a seguir.

| Distrito-sede | Cobertura por rede de distribuição de água <sup>(1)</sup> (%) | Índice de perdas na distribuição (%) | Controle de perdas | Cadastro de redes/atualização |
|---------------|---|--------------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Itabirito     | 89,69   | 41,56                                | Não                | Não                           |
| Nova Lima     | 91,96   | 45,09                                | Sim                | Sim (atualizado)              |
| Ouro Preto    | 94,61   | 50,00 <sup>(2)</sup>                 | Não                | Não                           |
| Vespasiano    | 94,33   | 49,52                                | Sim                | Sim (atualizado)              |

Figura 265 – Aspectos dos sistemas de distribuição de água dos serviços de saneamento estudados (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

**(1)** Os dados de cobertura são referentes ao Censo Demográfico de 2000 / IBGE;

**(2)** O índice de perdas de Ouro Preto foi estimado em 50% a partir de informação do gestor local.

Os dados mais relevantes quanto a paralisações nos serviços de abastecimento de água e intermitências nos sistemas de distribuição são os que se apresentam na figura 266 a seguir.

| Município  | Paralisações em sistemas de água (paralisações / ano) <sup>(1)</sup> | Duração média das paralisações (h) | Intermitências em sistemas de água (interrupções / ano) <sup>(2)</sup> | Duração média das interrupções (h) |
|------------|--|------------------------------------|--|------------------------------------|
| Itabirito  | 2  | 8                                  | 2  | 8                                  |
| Nova Lima  | 1  | 11                                 | 365  | 6                                  |
| Ouro Preto | 4  | 39                                 | 180  | 24                                 |
| Vespasiano | 2  | 12                                 | 365  | 6                                  |

Figura 266 – Paralisações e intermitências nos sistemas de distribuição de água dos municípios estudados, 2005 (Fonte: SNIS, 2005 apud Heller, P.G.B. , 2007)

**(1) Paralisações:** interrupções no fornecimento de água por problemas em qualquer das unidades do sistema, cuja duração foi igual ou superior a seis horas.

**(2) Interrupções:** interrupções sistemáticas no fornecimento de água da rede de distribuição por problemas de produção.

**# Esgotamento sanitário** - Os dados mais relevantes relativos à cobertura por rede de esgotamento sanitário, tipo de sistema de coleta e cadastro de rede dos serviços de saneamento estudados são os que se apresentam na figura 267 a seguir.

| Distrito-sede | Cobertura por rede de esgotamento sanitário <sup>(1)</sup> (%) | Tipo de sistema                        | Cadastro de rede / atualização |
|---------------|--|--|--------------------------------|
| Itabirito     | 84,22  | separador absoluto                     | Não                            |
| Nova Lima     | 75,74  | 85 % separador absoluto e 15% unitário | Sim (em atualização)           |
| Ouro Preto    | 86,53  | separador absoluto                     | Não                            |
| Vespasiano    | 46,73  | separador absoluto                     | Sim (atualizado)               |

Figura 267 – Aspectos dos sistemas de coleta e interceptação de esgotos dos distritos-sede estudados (Fonte: IBGE, 2000 e Heller, P.G.B. , 2007)

# **Planos Diretores de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário** - Os dados mais relevantes relativos à existência de planos diretores de abastecimento de água e esgotamento sanitário são os que se apresentam na figura 268 a seguir.

| Existência Plano diretor | Itabirito            | Nova Lima                                  | Ouro Preto | Vespasiano                                 |
|--------------------------|----------------------|--|------------|--|
| Água                     | Não                  | Sim - Plano Integrado Região Metropolitana | Não        | Sim - Plano Integrado Região Metropolitana |
| Esgotos                  | Sim - em atualização | Não  | Não        | Não  |

Figura 268 – Existência de Planos Diretores de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

# **ANÁLISE MULTICRITÉRIO POR APLICAÇÃO DO MÉTODO TOPSIS** – tal como referido anteriormente, utilizou-se uma análise multicriterial usando o método TOPSIS. Os pesos dos critérios foram determinados por consulta a especialistas, através da mediana dos valores obtidos no conjunto das respectivas respostas, sendo então os critérios classificados nas categorias de: 1 – Pouco Importante; 2 – Importante; 3 – Muito importante; 4 – De fundamental importância.

**39% dos critérios** foram classificados como de **fundamental importância** (Plano Diretor de Abastecimento de Água; Proteção da Captação de Água; Regularidade no Abastecimento; Amostras físico-químicas fora do padrão; Amostras bacteriológicas fora do padrão; Plano Diretor de Esgotos);

**50% dos critérios** foram classificados como **muito importante** (Outorga; Cadastro de Redes; Perdas Físicas; Controle de perdas físicas; Jar-Test; Critério de Lavagem de Filtros; Cadastro de Rede Coletora; Cobertura por Rede Coletora de Esgotos; Índice de Esgoto Tratado);

**11% dos critérios** foram classificados como **importante** (Controle Automatizado

ETA; Rede do Tipo Separador Absoluto).

**Nota:** Para a **hierarquização dos serviços de abastecimento de água** todos municípios estudados atribuíram-se os valores de **um** e **zero** para os indicadores dicotômicos (SIM/NÃO).

Foi feita então a **ponderação e pontuação dos critérios** que consta da figura 269 para os **sistemas de de abastecimento de água**.

**Importante:** A partir dos resultados que constam dessa figura, realiza-se uma parametrização dos pesos e dos critérios para cada serviço de saneamento, de acordo com o que se explica a seguir. A parametrização consistiu em dividir o valor/atributo apresentado para cada alternativa e para cada um dos critérios, pela soma dos valores apresentados para esse critério pelo conjunto de todas as alternativas – inclusive ela mesma – e faz-se isso para todos os critérios. Como exemplo apresenta-se a parametrização do critério de cobertura de Ouro Preto. Assim, tem-se:

Cobertura de Ouro Preto – parametrizada:  $0,255 = (\text{cobertura O.P.: } 94,61\%)/(\text{cobertura ITA: } 89,61\% + \text{cobertura N.L.: } 91,96\% + \text{cobertura O.P.: } 94,61\% + \text{cobertura Vespasiano: } 94,33\%)$

No caso da ponderação dos pesos dos critérios, o valor de determinado peso foi dividido pela soma dos valores de todos os outros pesos, inclusive o peso em questão.

| Critérios                                      | Unidade | Peso | Sistema <sup>(1)</sup> |       |       |                     |
|--|---------|------|------------------------|-------|-------|---------------------|
|  |         |      | ITA                    | NL    | OP    | VESP                |
| 1-Plano diretor                                | -       | 4    | 0,00                   | 1,00  | 0,00  | 1,00                |
| 2-Proteção da captação                         | -       | 4    | 3,00                   | 3,00  | 2,00  | 3,00                |
| 3-Outorga                                      | -       | 3    | 1,00                   | 1,00  | 1,00  | 0,00                |
| 4-Cobertura                                    | %       | 4    | 89,69                  | 91,96 | 94,61 | 94,33               |
| 5-Cadastro de redes                            | -       | 3    | 0,00                   | 1,00  | 0,00  | 1,00                |
| 6-Perdas físicas                               | %       | 3    | 41,56                  | 45,09 | 50,00 | 49,52               |
| 7-Controle perdas físicas                      | -       | 3    | 0,00                   | 1,00  | 0,00  | 1,00                |
| 8-Regularidade no abastecimento                | -       | 4    | 2,00                   | 2,00  | 3,00  | 2,00                |
| 9-Amostras de cloro residual fora do padrão    | %       | 4    | 0,13                   | 0,96  | 0,43  | 2,40                |
| 10-Amostras de turbidez fora do padrão         | %       | 4    | 0,18                   | 0,56  | 0,69  | 0,34                |
| 11- Amostras de coliformes totais fora do padr | -       | 4    | 1,00                   | 1,00  | 1,00  | 0,00                |
| 12-Jar-Test                                    | -       | 3    | 0,00                   | 1,00  | 0,00  | 1,00 <sup>(2)</sup> |
| 13-Critério lavagem filtros                    | -       | 3    | 0,00                   | 1,00  | 0,00  | 1,00 <sup>(2)</sup> |
| 14-Controle automatizado ETA                   | -       | 2    | 0,00                   | 1,00  | 0,00  | 0,00                |

Figura 269 – Ponderação e pontuação dos critérios para os sistemas de abastecimento de água (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)



(1) – As abreviaturas ITA, NL, OP e VESP referem-se respectivamente aos distritos-sede de Itabirito, Nova Lima, Ouro Preto e Vespasiano;

(2) – Apesar de o sistema de abastecimento de água de Vespasiano ser por manancial subterrâneo e tratamento simplificado, atribuiu-se o valor 1 para a utilização de Jar-Test e para a lavagem de filtros para que fosse possível a aplicação do método.

Na dissertação, e para os critérios que influenciam negativamente na qualidade tecnológica dos serviços, o autor adotou o valor inverso. Assim, supondo que o critério apresentasse o valor  $n$ , o valor de entrada dessa variável (atributo correspondente ao critério) então seria  $(1/n)$ . Assim, os critérios que tiveram seus valores invertidos foram: perdas físicas, regularidade no abastecimento, amostras de cloro residual fora do padrão, e amostras de turbidez fora do padrão. **Entretanto, o pesquisador adotou um raciocínio um pouco diferente:** assim, como as perdas físicas e as amostras de cloro residual fora do padrão e as amostras de turbidez fora do padrão são valores percentuais, estabeleceu-se que esses eram **critérios a minimizar**. Por outro lado, e no que refere ao critério regularidade no abastecimento, considera-se que as “notas” (atributos) com que os vários sistemas dos municípios surgem já refletem a regularidade no abastecimento, ou seja, “notas” (atributos) com valores maiores refletem municípios onde o nº de paralizações e interrupções foi menor. Por outro lado **o pesquisador procedeu a uma normalização da matriz de decisão (após parametrizá-la), o que o autor não fez.**

**Começando então a executar os passos do método TOPSIS tem-se o seguinte:**

**Passo 1: Definição da matriz de decisão (ABASTECIMENTO DE ÁGUA):**

- 1.1 – Definir o conjunto de alternativas;
- 1.2 - Definir o conjunto de critérios;
- 1.3 - Definir o peso de cada um dos critérios;
- 1.4 - Definir os atributos (valores) de cada uma das alternativas, segundo cada um dos critérios.

Isto é aquilo que de alguma forma já foi feito anteriormente. No entanto, ainda não foi feita a parametrização quer dos atributos/valores das alternativas segundo cada um dos critérios, quer dos pesos dos próprios critérios em si. É o que se fará então a seguir, apresentando primeiro na figura 270 na forma que o autor apresentou na dissertação, com a tal parametrização, depois na figura 271 mostrando a diferença de valores que se obtiveram, **mesmo seguindo o pressuposto raciocínio do autor.**

| Critérios  | Peso  | Sistema <sup>(1)</sup> |       |       |       |
|--|-------|------------------------|-------|-------|-------|
|  |       | ITA                    | NL    | OP    | VESP  |
| 1-Plano diretor                                  | 0,083 | 0,000                  | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 2-Proteção da captação                           | 0,083 | 0,273                  | 0,273 | 0,182 | 0,273 |
| 3-Outorga  | 0,063 | 0,333                  | 0,333 | 0,333 | 0,000 |
| 4-Cobertura                                      | 0,083 | 0,242                  | 0,248 | 0,255 | 0,255 |
| 5-Cadastro de redes                              | 0,063 | 0,000                  | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 6-Perdas físicas                                 | 0,063 | 0,278                  | 0,257 | 0,231 | 0,234 |
| 7-Controle perdas físicas                        | 0,063 | 0,000                  | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 8-Regularidade no abastecimento                  | 0,083 | 0,273                  | 0,273 | 0,182 | 0,273 |
| 9-Amostras de cloro residual fora do padrão      | 0,083 | 0,670                  | 0,091 | 0,203 | 0,036 |
| 10-Amostras de turbidez fora do padrão           | 0,083 | 0,474                  | 0,152 | 0,124 | 0,251 |
| 11- Amostras de coliformes totais fora do padrão | 0,083 | 0,333                  | 0,333 | 0,333 | 0,000 |
| 12-Jar-Test                                      | 0,063 | 0,000                  | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 13-Critério lavagem filtros                      | 0,063 | 0,000                  | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 14-Controle automatizado ETA                     | 0,042 | 0,000                  | 1,000 | 0,000 | 0,000 |

Figura 270 – Matriz de decisão já parametrizada segundo a dissertação (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

| CRITÉRIOS   | PESO  | SISTEMA |       |       |       |
|---|-------|---------|-------|-------|-------|
|   |       | ITA     | N.L.  | O.P.  | VESP  |
| 1 - Plano Diretor                                 | 0,083 | 0,000   | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 2 - Proteção da captação                          | 0,083 | 0,273   | 0,273 | 0,182 | 0,273 |
| 3 - Outorga                                       | 0,063 | 0,333   | 0,333 | 0,333 | 0,000 |
| 4 - Cobertura                                     | 0,083 | 0,242   | 0,248 | 0,255 | 0,255 |
| 5 - Cadastro de redes                             | 0,063 | 0,000   | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 6 - Perdas físicas                                | 0,063 | 0,223   | 0,242 | 0,269 | 0,266 |
| 7 - Controle de perdas físicas                    | 0,063 | 0,000   | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 8 - Regularidade no abastecimento                 | 0,083 | 0,222   | 0,222 | 0,333 | 0,222 |
| 9 - Amostras de cloro residual fora do padrão     | 0,083 | 0,033   | 0,245 | 0,110 | 0,612 |
| 10 - Amostras de turbidez fora do padrão          | 0,083 | 0,102   | 0,316 | 0,390 | 0,192 |
| 11 - Amostras de coliformes totais fora do padrão | 0,083 | 0,333   | 0,333 | 0,333 | 0,000 |
| 12 - Jar-test                                     | 0,063 | 0,000   | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 13 - Critério lavagem de filtros                  | 0,063 | 0,000   | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| 14 - Controle automático ETA                      | 0,042 | 0,000   | 1,000 | 0,000 | 0,000 |

Figura 271 – Matriz de decisão já parametrizada segundo o pesquisador (Fonte: o pesquisador)

**Passo 2: Normalização da matriz de decisão** (dividir cada componente pela norma do vetor coluna da qual faz parte,  $v_{ij}$  )

Aqui, e pela forma como foram apresentadas as matrizes parametrizadas anteriores, nas figuras 270 e 271, em que normalmente cada um dos critérios constituiria uma coluna e cada uma das alternativas constituiria uma linha, e nas referidas figuras a disposição surge exatamente ao contrário, pode surgir alguma “confusão mental direcional inicial”. Os dados calculados no entanto pelo pesquisador são os que se apresentam a seguir. Na dissertação

este passo não é mostrado.

$$\text{Norma do Vetor "Plano Diretor"} = (0,000^2 + 0,500^2 + 0,000^2 + 0,500^2)^{0,5} = 0,7071;$$

$$\text{Norma do Vetor "Proteção da captação"} = (0,273^2 + 0,273^2 + 0,182^2 + 0,273^2)^{0,5} = 0,5067;$$

$$\text{Norma do Vetor "Outorga"} = (0,333^2 + 0,333^2 + 0,333^2 + 0,000^2)^{0,5} = 0,5768$$

$$\text{Norma do Vetor "Coberura"} = (0,242^2 + 0,248^2 + 0,255^2 + 0,255^2)^{0,5} = 0,5001$$

$$\text{Norma do Vetor "Cadastro de Redes"} = (0,000^2 + 0,500^2 + 0,000^2 + 0,500^2)^{0,5} = 0,7071;$$

$$\text{Norma do Vetor "Perdas Físicas"} = (0,223^2 + 0,242^2 + 0,269^2 + 0,266^2)^{0,5} = 0,5014;$$

$$\text{Norma do Vetor "Controle de perdas físicas"} = (0,000^2 + 0,500^2 + 0,000^2 + 0,500^2)^{0,5} = 0,7071;$$

$$\text{Norma do Vetor "Regularidade no abastecimento"} = (0,222^2 + 0,222^2 + 0,333^2 + 0,222^2)^{0,5} = 0,5087;$$

$$\text{Norma do Vetor "Amostras de cloro residual fora do padrão"} = (0,033^2 + 0,245^2 + 0,110^2 + 0,612^2)^{0,5} = 0,6691;$$

$$\text{Norma do Vetor "Amostras de turbidez fora do padrão"} = (0,102^2 + 0,316^2 + 0,390^2 + 0,192^2)^{0,5} = 0,5470;$$

$$\text{Norma do Vetor "Amostras de Coliformes Totais Fora do Padrão"} = (0,333^2 + 0,333^2 + 0,333^2 + 0,000^2)^{0,5} = 0,5768;$$

$$\text{Norma do Vetor "Jar-Test"} = (0,000^2 + 0,500^2 + 0,000^2 + 0,500^2)^{0,5} = 0,7071;$$

$$\text{Norma do Vetor "Critério lavagem de filtros"} = (0,000^2 + 0,500^2 + 0,000^2 + 0,500^2)^{0,5} = 0,7071;$$

$$\text{Norma do Vetor "Controle automático ETA"} = (0,000^2 + 1,000^2 + 0,000^2 + 0,000^2)^{0,5} = 1,0000;$$

Determinadas as normas dos vários vetores, e com a matriz parametrizada a que havia chegado, o pesquisador procedeu à normalização da matriz parametrizada como se se tratasse de uma matriz de decisão inicial normal, sem a parametrização dos atributos, para seguir os passos do método (ver atrás procedimento de normalização descrito no passo 2 do método). A matriz "parametrizada normalizada" a que chegou é a que consta na 272 a seguir.

| CRITÉRIOS   | SISTEMA |        |        |        |
|---|---------|--------|--------|--------|
|   | ITA     | N.L.   | O.P.   | VESP   |
| 1 - Plano Diretor                                 | 0,0000  | 0,7071 | 0,0000 | 0,7071 |
| 2 - Proteção da captação                          | 0,5388  | 0,5388 | 0,3592 | 0,5388 |
| 3 - Outorga                                       | 0,5773  | 0,5773 | 0,5773 | 0,0000 |
| 4 - Cobertura                                     | 0,4839  | 0,4959 | 0,5099 | 0,5099 |
| 5 - Cadastro de redes                             | 0,0000  | 0,7071 | 0,0000 | 0,7071 |
| 6 - Perdas físicas                                | 0,4448  | 0,4826 | 0,5365 | 0,5305 |
| 7 - Controle de perdas físicas                    | 0,0000  | 0,7071 | 0,0000 | 0,7071 |
| 8 - Regularidade no abastecimento                 | 0,4364  | 0,4364 | 0,6546 | 0,4364 |
| 9 - Amostras de cloro residual fora do padrão     | 0,0493  | 0,3662 | 0,1644 | 0,9147 |
| 10 - Amostras de turbidez fora do padrão          | 0,1865  | 0,5777 | 0,7130 | 0,3510 |
| 11 - Amostras de coliformes totais fora do padrão | 0,5773  | 0,5773 | 0,5773 | 0,0000 |
| 12 - Jar-test                                     | 0,0000  | 0,7071 | 0,0000 | 0,7071 |
| 13 - Critério lavagem de filtros                  | 0,0000  | 0,7071 | 0,0000 | 0,7071 |
| 14 - Controle automático ETA                      | 0,0000  | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 |

Figura 272 – Matriz de decisão “parametrizada normalizada” (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Passo 3: Construção da matriz de decisão normalizada ponderada** (ponderar cada valor pelo peso de cada critério)

No caso, tratar-se-à da matriz “parametrizada normalizada ponderada”. Basta apenas multiplicar os valores/atributos da matriz da figura 272 anterior pelos pesos dos correspondentes critérios. Chega-se assim à matriz da figura 273 a seguir.

| CRITÉRIOS   | PESO  | SISTEMA |        |        |        |
|---|-------|---------|--------|--------|--------|
|   |       | ITA     | N.L.   | O.P.   | VESP   |
| 1 - Plano Diretor                                 | 0,083 | 0,0000  | 0,0587 | 0,0000 | 0,0587 |
| 2 - Proteção da captação                          | 0,083 | 0,0447  | 0,0447 | 0,0298 | 0,0447 |
| 3 - Outorga                                       | 0,063 | 0,0364  | 0,0364 | 0,0364 | 0,0000 |
| 4 - Cobertura                                     | 0,083 | 0,0402  | 0,0412 | 0,0423 | 0,0423 |
| 5 - Cadastro de redes                             | 0,063 | 0,0000  | 0,0445 | 0,0000 | 0,0445 |
| 6 - Perdas físicas                                | 0,063 | 0,0280  | 0,0304 | 0,0338 | 0,0334 |
| 7 - Controle de perdas físicas                    | 0,063 | 0,0000  | 0,0445 | 0,0000 | 0,0445 |
| 8 - Regularidade no abastecimento                 | 0,083 | 0,0362  | 0,0362 | 0,0543 | 0,0362 |
| 9 - Amostras de cloro residual fora do padrão     | 0,083 | 0,0041  | 0,0304 | 0,0136 | 0,0759 |
| 10 - Amostras de turbidez fora do padrão          | 0,083 | 0,0155  | 0,0479 | 0,0592 | 0,0291 |
| 11 - Amostras de coliformes totais fora do padrão | 0,083 | 0,0479  | 0,0479 | 0,0479 | 0,0000 |
| 12 - Jar-test                                     | 0,063 | 0,0000  | 0,0445 | 0,0000 | 0,0445 |
| 13 - Critério lavagem de filtros                  | 0,063 | 0,0000  | 0,0445 | 0,0000 | 0,0445 |
| 14 - Controle automático ETA                      | 0,042 | 0,0000  | 0,0420 | 0,0000 | 0,0000 |

Figura 273 – Matriz de decisão “parametrizada normalizada ponderada” (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Passo 4: Determinação da alternativa ideal positiva (SIP) e da alternativa anti-ideal** ou ideal negativa (SIN) => selecionar de entre os valores dados para os atributos em cada alternativa o melhor valor, para a alternativa ideal, e o pior valor, para a alternativa anti-ideal.

Faz-se isso a partir dos atributos da “matriz normalizada ponderada”, no caso.

A **alternativa ideal** positiva (SIP) será então:

(0,0587; 0,0447; 0,0364; 0,0423; 0,0445; 0,0280; 0,0445; 0,0543; 0,0041; 0,0155; 0,0000; 0,0445; 0,0445; 0,0420)

A **alternativa anti-ideal** ou ideal negativa (SIN) será então:

(0,0000; 0,0298; 0,0000; 0,0402; 0,0000; 0,0338; 0,0000; 0,0362; 0,0759; 0,0592; 0,0479; 0,0000; 0,0000; 0,0000)

**Passo 5: Cálculo das medidas de distância** => determinar as distâncias de cada alternativa à alternativa/solução ideal e à alternativa/solução anti-ideal.

**Distância à Alternativa Ideal:**  $\overline{d_i^+} = [\sum_j (\overline{v_{ij}} - \overline{A_j^+})^2]^{0,5}$

**Distância à Alternativa Anti-ideal:**  $\overline{d_i^-} = [\sum_j (\overline{v_{ij}} - \overline{A_j^-})^2]^{0,5}$

Disõe-se então de todas as informações para prosseguir para o cálculo das distâncias de cada uma das alternativas seja em relação à alternativa ideal seja em relação à alternativa anti-ideal; assim, **a distância de uma determinada alternativa real à alternativa ideal** resulta de calcular a raiz quadrada de uma soma de quadrados, sendo cada um desses quadrados o resultado da diferença entre o atributo da alternativa **real** segundo um determinado critério e o atributo da alternativa **ideal** segundo esse mesmo critério, diferença essa elevada ao quadrado. Soma-se isso para todos os critérios e dentro de cada um deles para todas as alternativas, e calcula-se para cada uma delas a raiz quadrada dessa soma de quadrados; para calcular a distância entre uma determinada alternativa e a alternativa anti-ideal procede-se de modo análogo.

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Itabirito** (calculada pelo pesquisador):  $[(0 - 0,0587)^2 + (0,0447 - 0,0447)^2 + (0,0364 - 0,0364)^2 + (0,0402 - 0,0423)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0,0280 - 0,0280)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0,0362 - 0,0543)^2 + (0,0041 - 0,0041)^2 + (0,0155 - 0,0155)^2 + (0,0479 - 0)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0 - 0,042)^2]^{0,5} = 0,12553;$

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Itabirito** (calculada pelo pesquisador):  $[(0 - 0)^2 + (0,0447 - 0,0298)^2 + (0,0364 - 0)^2 + (0,0402 - 0,0402)^2 + (0 - 0)^2 + (0,0280 - 0,0338)^2 + (0 - 0)^2 + (0,0362 - 0,0362)^2 + (0,0041 - 0,0759)^2 + (0,0155 - 0,0592)^2 + (0,0479 - 0,0479)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 0)^2]^{0,5} = 0,09298;$

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Nova Lima** (calculada pelo pesquisador):  $[(0,0587 - 0,0587)^2 + (0,0447 - 0,0447)^2 + (0,0364 - 0,0364)^2 + (0,0412 - 0,0423)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0,0304 - 0,0280)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0,0362 -$

$$0,0543)^2 + (0,0304 - 0,0041)^2 + (0,0479 - 0,0155)^2 + (0,0479 - 0)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0,042 - 0,042)^2 ]^{0,5} = 0,06611;$$

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Nova Lima** (calculada pelo pesquisador):  $[(0,0587 - 0)^2 + (0,0447 - 0,0298)^2 + (0,0364 - 0)^2 + (0,0412 - 0,0402)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0,0304 - 0,0338)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0,0362 - 0,0362)^2 + (0,0304 - 0,0759)^2 + (0,0479 - 0,0592)^2 + (0,0479 - 0,0479)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0,042 - 0)^2]^{0,5} = 0,12995;$

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Ouro Preto** (calculada pelo pesquisador):  $[(0 - 0,0587)^2 + (0,0298 - 0,0447)^2 + (0,0364 - 0,0364)^2 + (0,0423 - 0,0423)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0,0338 - 0,0280)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0,0543 - 0,0543)^2 + (0,0136 - 0,0041)^2 + (0,0592 - 0,0155)^2 + (0,0479 - 0)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0 - 0,0445)^2 + (0 - 0,042)^2]^{0,5} = 0,13297;$

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Ouro Preto** (calculada pelo pesquisador):  $[(0 - 0)^2 + (0,0298 - 0,0298)^2 + (0,0364 - 0)^2 + (0,0423 - 0,0402)^2 + (0 - 0)^2 + (0,0338 - 0,0338)^2 + (0 - 0)^2 + (0,0543 - 0,0362)^2 + (0,0136 - 0,0759)^2 + (0,0592 - 0,0592)^2 + (0,0479 - 0,0479)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 0)^2]^{0,5} = 0,07442;$

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Vespasiano** (calculada pelo pesquisador):  $[(0,0587 - 0,0587)^2 + (0,0447 - 0,0447)^2 + (0 - 0,0364)^2 + (0,0423 - 0,0423)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0,0334 - 0,0280)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0,0362 - 0,0543)^2 + (0,0759 - 0,0041)^2 + (0,0291 - 0,0155)^2 + (0 - 0)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0,0445 - 0,0445)^2 + (0 - 0,042)^2]^{0,5} = 0,09373;$

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Vespasiano** (calculada pelo pesquisador):  $[(0,0587 - 0)^2 + (0,0447 - 0,0298)^2 + (0 - 0)^2 + (0,0423 - 0,0402)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0,0334 - 0,0338)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0,0362 - 0,0362)^2 + (0,0759 - 0,0759)^2 + (0,0291 - 0,0592)^2 + (0 - 0,0479)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0,0445 - 0)^2 + (0 - 0)^2]^{0,5} = 0,12163;$

Já os valores dessas distâncias apresentados pelo autor são os que constam na figura 274 a seguir.

| Sistema    | $d^N_1(a_i)$ | $d^m_1(a_i)$ |
|------------|--------------|--------------|
| Itabirito  | 8.591        | 7.050        |
| Nova Lima  | 5.524        | 9.342        |
| Ouro Preto | 9.935        | 3.740        |
| Vespasiano | 7.801        | 7.662        |

Figura 274 – Medidas de distâncias calculadas pelo autor (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

Com o cálculo das medidas de distâncias efetuado pode-se prosseguir para o passo 6 do método TOPSIS.

**Passo 6:** Cálculo da proximidade relativa à alternativa ideal => Estimar o rácio  $RS_i$

O autor chegou aos valores do rácio que constam na coluna da direita da figura 275 a seguir.

| Sistema    | $d_1^M(a_i)$ | $d_1^m(a_i)$ | $D_1(a_i)$ |
|------------|--------------|--------------|------------|
| Itabirito  | 8.591        | 7.050        | 0,451      |
| Nova Lima  | 5.524        | 9.342        | 0,628      |
| Ouro Preto | 9.935        | 3.740        | 0,273      |
| Vespasiano | 7.801        | 7.662        | 0,496      |

Figura 275 – Medidas de distâncias e valores do rácio RSI calculados pelo autor  
(Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

Já o pesquisador, e em função dos cálculos apresentados anteriormente, chegou aos valores do rácio RSI que se apresentam na coluna da direita da figura 276.

|            | DISTÂNCIA À ALTERNATIVA IDEAL (di+) | DISTÂNCIA À ALTERNATIVA ANTI-IDEAL (di -) | $RS_i = (d_i -) / (d_i + + d_i -)$ |
|------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|
| ITABIRITO  | 0,12553                             | 0,09298                                   | 0,42552                            |
| NOVA LIMA  | 0,06611                             | 0,12995                                   | 0,66281                            |
| OURO PRETO | 0,13297                             | 0,07442                                   | 0,35884                            |
| VESPASIANO | 0,09373                             | 0,12163                                   | 0,56478                            |

Figura 276 – Medidas de distâncias e valores do rácio RSI calculados pelo pesquisador (Fonte: o pesquisador, 2018)

Neste caso, e do mesmo modo que acontecera no exemplo genérico anteriormente apresentado para o método, torna a verificar-se que uma das alternativas, agora a alternativa Nova Lima, acumula em simultâneo a condição de ser aquela que está à menor distância da alternativa ideal e à maior distância da alternativa anti-ideal, e desse modo é lógico que seja a melhor entre as alternativas. Mas é importante destacar novamente que nem sempre assim é, tal como referido anteriormente a melhor alternativa poderia até vir a ser uma que não cumprisse nenhuma dessas duas condições mas que, no final, fosse a que melhor se aproximasse/conjugasse ambas.

Finalmente está-se em condições de passar ao último dos passos do método TOPSIS, o passo 7.

**Passo 7: Ordenar as preferências** => Ordenar do maior para o menor os rácios antes determinados.

O autor chegou à ordenação/hierarquização que se apresenta na figura 277 a seguir, com os valores de rácio RSI que são mostrados.

| Sistema    | $d_1^M(a_i)$ | $d_1^m(a_i)$ | $D_1(a_i)$ | Hierarquização |
|------------|--------------|--------------|------------|----------------|
| Itabirito  | 8.591        | 7.050        | 0.451      | 3              |
| Nova Lima  | 5.524        | 9.342        | 0.628      | 1              |
| Ouro Preto | 9.935        | 3.740        | 0.273      | 4              |
| Vespasiano | 7.801        | 7.662        | 0.496      | 2              |

Figura 277 – Hierarquização dos sistemas de abastecimento de água pelo TOPSIS obtida pelo autor (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

O pesquisador por seu lado em função dos cálculos efetuados chegou ao resultado que consta na figura 278.

| Nº de ORDEM |                   | $RSi = (d_i^-) / (d_i^+ + d_i^-)$ |
|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 1º          | <b>NOVA LIMA</b>  | <b>0,66281</b>                    |
| 2º          | <b>VESPASIANO</b> | <b>0,56478</b>                    |
| 3º          | <b>ITABIRITO</b>  | <b>0,42552</b>                    |
| 4º          | <b>OURO PRETO</b> | <b>0,35884</b>                    |

Figura 278 – Hierarquização dos sistemas de abastecimento de água pelo TOPSIS obtida pelo pesquisador (Fonte: o pesquisador, 2018)

Enfatizar o fato de que mesmo através de resultados sucessivos diferentes ao longo da aplicação dos passos do método, autor e pesquisador chegaram à mesma ordem das alternativas, no passo final de hierarquização das mesmas.

**Executando os passos do método TOPSIS para o sistema de esgotamento sanitário, tem-se o seguinte:**

**Passo 1: Definição da matriz de decisão (ESGOTAMENTO SANITÁRIO):**

- 1.1 – Definir o conjunto de alternativas;
- 1.2 - Definir o conjunto de critérios;
- 1.3 - Definir o peso de cada um dos critérios;
- 1.4 - Definir os atributos (valores) de cada uma das alternativas, segundo cada um dos critérios.

O autor, em sua dissertação, utilizou para aplicação do método TOPSIS e para a



avaliação tecnológica dos **sistemas de esgotamento sanitário** os critérios que constam na figura 279 a seguir. Nela constam também os pesos de cada um dos critérios nessa avaliação, e os valores dos atributos de cada uma das alternativas quantos aos mesmos.

| Critérios  | Unidade | Peso | Sistema <sup>(1)</sup> |       |        |        |
|--|---------|------|------------------------|-------|--------|--------|
|  |         |      | ITA                    | NL    | OP     | VESP   |
| <b>1-Plano diretor</b>                                 | -       | 4    | 1,00                   | 0,00  | 0,00   | 0,00   |
| <b>2-Cadastro da rede coletora</b>                     | -       | 3    | 0,00                   | 1,00  | 0,00   | 1,00   |
| <b>3-Cobertura</b>                                     | %       | 3    | 84,22                  | 75,74 | 86,53  | 46,73  |
| <b>4-Quantidade de rede do tipo separador absoluto</b> | %       | 2    | 100,00                 | 85,00 | 100,00 | 100,00 |
| <b>5-Índice de esgoto tratado</b>                      | %       | 3    | 0,00                   | 0,00  | 0,00   | 74,94  |

Figura 279 – Ponderação e pontuação dos critérios para os sistemas de esgotamento sanitário (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

De modo semelhante ao que havia sido feito na avaliação tecnológica aos serviços de abastecimento de água dos 4 municípios, também agora o autor realizou uma parametrização da matriz da figura anterior. Desse modo chegou à matriz parametrizada da figura 280 a seguir.

| Critérios                            | Peso  | Sistema <sup>(1)</sup> |       |       |       |
|--------------------------------------|-------|------------------------|-------|-------|-------|
|                                      |       | ITA                    | NL    | OP    | VESP  |
| <b>1-Plano diretor</b>               | 0,267 | 1,000                  | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| <b>2-Cadastro da rede coletora</b>   | 0,200 | 0,000                  | 0,500 | 0,000 | 0,500 |
| <b>3-Cobertura por rede coletora</b> | 0,200 | 0,287                  | 0,258 | 0,295 | 0,159 |
| <b>4-Sistema separador absoluto</b>  | 0,133 | 0,260                  | 0,221 | 0,260 | 0,260 |
| <b>5-Índice de esgoto tratado</b>    | 0,200 | 0,000                  | 0,000 | 0,000 | 1,000 |

Figura 280 – Parametrização da matriz de decisão, para o sistema de esgotamento sanitário (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

Referir aqui, e até por comparação com o método multicriterial AHP, que a dita parametrização levada a efeito pelo autor, corresponde basicamente à normalização do método de Saaty. Veja-se que a soma dos atributos de cada uma das linhas resulta em um valor aproximadamente igual a 1. No método AHP isso acontecia com as colunas da matriz de decisão normalizada (aqui agora acontece com as linhas, por uma questão de como o autor “organizou”/apresentou os dados (enquanto que no método AHP era habitual apresentar-se cada critério disposto como uma coluna e cada alternativa disposta como uma linha, aqui é exatamente o contrário).

Referir também que o pesquisador neste caso chegou exatamente aos mesmos resultados/valores da matriz parametrizada do autor. No entanto, e como o procedimento explicitado para normalização, no passo 2 do método TOPSIS, é diferente daquele do método AHP, após a parametrização procedeu-se também à normalização de acordo com o

presente método (TOPSIS).

**Passo 2: Normalização da matriz de decisão** (dividir cada componente pela norma do vetor coluna da qual faz parte,  $v_{ij}$  )

Procedendo-se de modo análogo ao efetuado para a avaliação tecnológica dos sistemas de abastecimento de água tem-se que:

$$\text{Norma do Vetor "Plano Diretor"} = (1,000^2 + 0,000^2 + 0,000^2 + 0,000^2)^{0,5} = 1,000;$$

$$\text{Norma do Vetor "Cadastro da Rede Coletora"} = (0^2 + 0,500^2 + 0^2 + 0,500^2)^{0,5} = 0,7071;$$

$$\text{Norma do Vetor "Cobertura por Rede Coletora"} = (0,287^2 + 0,258^2 + 0,295^2 + 0,159^2)^{0,5} = 0,5111;$$

$$\text{Norma do Vetor "Sistema Separador Absoluto"} = (0,260^2 + 0,221^2 + 0,260^2 + 0,260^2)^{0,5} = 0,5016;$$

$$\text{Norma do Vetor "Índice de Esgoto Sanitário"} = (0^2 + 0^2 + 0^2 + 1^2)^{0,5} = 1,000;$$

Dividindo-se então cada um dos termos da matriz parametrizada do passo 1 pelas normas de cada um dos vetores, chega-se à "matriz parametrizada normalizada" apresentada na figura 281 a seguir.

| CRITÉRIOS                       | PESO  | SISTEMA |        |        |        |
|---------------------------------|-------|---------|--------|--------|--------|
|                                 |       | ITA     | N.L.   | O.P.   | VESP   |
| 1 - Plano Diretor               | 0,267 | 1,0000  | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 - Cadastro da Rede Coletora   | 0,2   | 0,0000  | 0,7071 | 0,0000 | 0,7071 |
| 3 - Cobertura por rede coletora | 0,2   | 0,5615  | 0,5048 | 0,5772 | 0,3115 |
| 4 - Sistema Separador Absoluto  | 0,133 | 0,5183  | 0,4406 | 0,5183 | 0,5183 |
| 5 - Índice de Esgoto Tratado    | 0,2   | 0,0000  | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |

Figura 281 – Matriz de decisão parametrizada normalizada (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Passo 3: Construção da matriz de decisão normalizada ponderada** (ponderar cada valor pelo peso de cada critério)

Basta multiplicar os elementos/atributos das alternativas na matriz anterior pelos pesos dos correspondentes vetores. Desse modo chega-se à matriz da figura 282 a seguir.

| CRITÉRIOS                       | PESO  | SISTEMA |         |         |         |
|---------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
|                                 |       | ITA     | N.L.    | O.P.    | VESP    |
| 1 - Plano Diretor               | 0,267 | 0,26700 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 2 - Cadastro da Rede Coletora   | 0,2   | 0,00000 | 0,14142 | 0,00000 | 0,14142 |
| 3 - Cobertura por rede coletora | 0,2   | 0,11230 | 0,10096 | 0,11544 | 0,06230 |
| 4 - Sistema Separador Absoluto  | 0,133 | 0,06893 | 0,05860 | 0,06893 | 0,06893 |
| 5 - Índice de Esgoto Tratado    | 0,2   | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,20000 |

Figura 282 – Matriz de decisão parametrizada normalizada ponderada (Fonte: o pesquisador)

**Passo 4: Determinação da alternativa ideal positiva (SIP) e da alternativa anti-ideal** ou ideal negativa (SIN) => selecionar de entre os valores dados para os atributos em cada alternativa o melhor valor, para a alternativa ideal, e o pior valor, para a alternativa anti-ideal.

Faz-se isso a partir dos atributos da “matriz normalizada ponderada”, no caso.

A **alternativa ideal** positiva (SIP) será então:

(0,26700; 0,14142; 0,11544; 0,006893; 0,20000)

A **alternativa anti-ideal** ou ideal negativa (SIN) será então:

(0,00000; 0,00000; 0,06230; 0,05860; 0,00000)

**Passo 5: Cálculo das medidas de distância** => determinar as distâncias de cada alternativa à alternativa/solução ideal e à alternativa/solução anti-ideal.

**Distância à Alternativa Ideal:**  $\overline{d}_i^+ = [\sum_j (\overline{v}_{ij} - \overline{A}_j^+)^2]^{0,5}$

**Distância à Alternativa Anti-ideal:**  $\overline{d}_i^- = [\sum_j (\overline{v}_{ij} - \overline{A}_j^-)^2]^{0,5}$

De novo, a **distância de uma determinada alternativa real à alternativa ideal**, resulta de calcular a raiz quadrada de uma soma de quadrados, sendo cada um desses quadrados o resultado da diferença entre o atributo da alternativa real segundo um determinado critério e o atributo da alternativa ideal segundo esse mesmo critério, diferença essa elevada ao quadrado. Soma-se isso para todos os critérios, e dentro de cada um deles para todas as alternativas, e calcula-se para cada uma delas a raiz quadrada dessa soma de quadrados; para calcular a **distância entre uma determinada alternativa e a alternativa anti-ideal** procede-se de modo análogo.

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Itabirito** (calculada pelo pesquisador):  $[(0,26700 - 0,26700)^2 + (0 - 0,14142)^2 + (0,11230 - 0,11544)^2 + (0,06893 - 0,06893)^2 + (0 - 0,20000)^2]^{0,5} = 0,24497$ ;

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Itabirito** (calculada pelo pesquisador):  $[(0,26700 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0,11230 - 0,06230)^2 + (0,06893 - 0,05860)^2 + (0 - 0)^2]^{0,5} = 0,27184$ ;

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Nova Lima** (calculada pelo pesquisador):  $[(0 - 0,26700)^2 + (0,14142 - 0,14142)^2 + (0,10096 - 0,11544)^2 + (0,05860 - 0,06893)^2 + (0 - 0,20000)^2]^{0,5} = 0,33407$ ;

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Nova Lima** (calculada pelo pesquisador):  $[(0 - 0)^2 + (0,14142 - 0)^2 + (0,10096 - 0,06230)^2 + (0,05860 -$

$$0,05860)^2 + (0 - 0)^2 ]^{0,5} = 0,14661;$$

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Ouro Preto** (calculada pelo pesquisador):  $[ (0 - 0,26700)^2 + (0 - 0,14142)^2 + (0,11544 - 0,11544)^2 + (0,06893 - 0,06893)^2 + (0 - 0,20000)^2 ]^{0,5} = 0,36234;$

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Ouro Preto** (calculada pelo pesquisador):  $[ (0 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0,11544 - 0,06230)^2 + (0,06893 - 0,05860)^2 + (0 - 0)^2 ]^{0,5} = 0,05413;$

- **Distância à alternativa ideal** por parte da alternativa **Vespasiano** (calculada pelo pesquisador):  $[ (0 - 0,26700)^2 + (0,14142 - 0,14142)^2 + (0,06230 - 0,11544)^2 + (0,06893 - 0,06893)^2 + (0,20000 - 0,20000)^2 ]^{0,5} = 0,27224;$

- **Distância à alternativa anti-ideal** por parte da alternativa **Vespasiano** (calculada pelo pesquisador):  $[ (0 - 0)^2 + (0,14142 - 0)^2 + (0,06230 - 0,06230)^2 + (0,06893 - 0,05860)^2 + (0,20000 - 0)^2 ]^{0,5} = 0,24517;$

Já os valores dessas distâncias apresentados pelo autor são os que constam na figura 283 a seguir.

| Sistema           | $d^M_1(a_i)$ | $d^m_1(a_i)$ |
|-------------------|--------------|--------------|
| <b>Itabirito</b>  | 22.361       | 26.794       |
| <b>Nova Lima</b>  | 33.346       | 10.194       |
| <b>Ouro Preto</b> | 34.801       | 2.764        |
| <b>Vespasiano</b> | 26.804       | 22.367       |

Figura 283 – Medidas de distâncias calculadas pelo autor (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

Com o cálculo das medidas de distâncias efetuado, pode-se prosseguir para o passo 6 do método TOPSIS.

**Passo 6:** Cálculo da proximidade relativa à alternativa ideal => Estimar o rácio  $RS_i$

O autor chegou aos valores do rácio que constam na coluna da direita da figura 284 a seguir.

| Sistema           | $d^M_1(a_i)$ | $d^m_1(a_i)$ | $D_1(a_i)$ |
|-------------------|--------------|--------------|------------|
| <b>Itabirito</b>  | 22.361       | 26.794       | 0,545      |
| <b>Nova Lima</b>  | 33.346       | 10.194       | 0,234      |
| <b>Ouro Preto</b> | 34.801       | 2.764        | 0,074      |
| <b>Vespasiano</b> | 26.804       | 22.367       | 0,455      |

Figura 284 – Medidas de distâncias e valores do rácio  $RS_i$  calculados pelo autor – esgotamento sanitário (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

Já o pesquisador, e em função dos cálculos apresentados anteriormente, chegou aos valores de  $RS_i$  que se apresentam na coluna direita da figura 285 a seguir.

|                   | DISTÂNCIA A ALTERNATIVA IDEAL ( $d_i+$ ) | DISTÂNCIA À ALTERNATIVA ANTI-IDEAL ( $d_i-$ ) | $RS_i = (d_i-)/(d_i+ + d_i-)$ |
|-------------------|--|---|-------------------------------|
| <b>ITABIRITO</b>  | 0,24497                                  | 0,27184                                       | 0,52600                       |
| <b>NOVA LIMA</b>  | 0,33407                                  | 0,14661                                       | 0,30501                       |
| <b>OURO PRETO</b> | 0,36234                                  | 0,05413                                       | 0,12997                       |
| <b>VESPASIANO</b> | 0,27224                                  | 0,24517                                       | 0,47384                       |

Figura 285 – Medidas de distâncias e valores do rácio  $RS_i$  calculados pelo pesquisador – esgotamento sanitário (Fonte: o pesquisador, 2018)

Uma vez mais, refira-se que uma das alternativas, agora a alternativa Itabirito, acumula em simultâneo a condição de ser aquela que está à menor distância da alternativa ideal e à maior distância da alternativa anti-ideal, e desse modo é lógico que seja a melhor entre as alternativas. Mas já se referiu que nem sempre assim é, e que inclusive pode acontecer que a melhor entre as alternativas seja uma que não cumpra nenhum dos dois critérios, mas que seja a que melhor combina os dois em simultâneo.

Finalmente, e em função dos valores de  $RS_i$  determinados, está-se em condições de passar ao último dos passos do método TOPSIS, o passo 7.

**Passo 7: Ordenar as preferências** => Ordenar do maior para o menor os rácios antes determinados.

O autor chegou à ordenação/hierarquização que se apresenta na figura 286 a seguir, com os valores de rácio  $RS_i$  que são mostrados.

| Sistema           | $d^N_1(a_i)$ | $d^m_1(a_i)$ | $D_1(a_i)$ | Hierarquização |
|-------------------|--------------|--------------|------------|----------------|
| <b>Itabirito</b>  | 22.361       | 26.794       | 0,545      | 1º             |
| <b>Nova Lima</b>  | 33.346       | 10.194       | 0,234      | 3º             |
| <b>Ouro Preto</b> | 34.801       | 2.764        | 0,074      | 4º             |
| <b>Vespasiano</b> | 26.804       | 22.367       | 0,455      | 2º             |

Figura 286 – Hierarquização dos sistemas de esgotamento sanitário pelo TOPSIS obtida pelo autor (Fonte: Heller, P.G.B. , 2007)

O pesquisador por seu lado em função dos cálculos efetuados chegou ao resultado que consta na figura 287.

| Nº de ORDEM |                   | $RS_i = (d_i-)/(d_i+ + d_i-)$ |
|-------------|-------------------|-------------------------------|
| 1º          | <b>ITABIRITO</b>  | 0,52600                       |
| 2º          | <b>VESPASIANO</b> | 0,47384                       |
| 3º          | <b>NOVA LIMA</b>  | 0,30501                       |
| 4º          | <b>OURO PRETO</b> | 0,12997                       |

Figura 287 – Hierarquização dos sistemas de esgotamento sanitário pelo TOPSIS obtida pelo pesquisador (Fonte: o pesquisador)

Enfatizar de novo o fato de que, mesmo através de cálculos e resultados diferentes ao longo da aplicação do método TOPSIS, autor e pesquisador chegaram ambos à mesma ordem/hierarquização das alternativas.

### 3.5 CANTEIRO DE OBRA

Far-se-à neste item uma breve descrição e caracterização dos elementos mais usulamente presentes nos canteiros de obras, sua organização, intervenientes, fluxos, e outros aspetos relevantes para a pesquisa, nomeadamente aqueles que o distinguem do ambiente externo ao mesmo, que é o do espaço público, do espaço pertencente à municipalidade. Isso torna-se absolutamente importante não só para a problematização da pesquisa, sua estruturação, desenvolvimento, e conclusões.

A Norma Brasileira NR 18 (1978), define canteiro de obras como sendo “...área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra.”

Por outro lado, Maia e Souza (2003), definem-no como o “local no qual se dispõem todos os recursos de produção (mão-de-obra, materiais e equipamentos), organizados e distribuídos de forma a apoiar e realizar os trabalhos de construção, observando os requisitos de gestão, racionalização, produtividade e segurança/conforto dos operários.”

É importante afirmar neste momento que a quantidade, o tipo e a disposição espacial dos elementos constituintes de um canteiro de obra, dependem da natureza da referida obra, assim como a natureza das matérias e os fluxos materiais e de recursos no seu interior também dependem do mesmo fator. Desse modo, canteiros de obras marítimas, rodoviárias ou de construção civil (só para dar alguns exemplos) acabarão sendo tendencialmente diferentes uns dos outros. Nesse sentido, e na presente tese, apresentar-se-á o que é característico das obras mais comuns, as de construção civil.

A figura 199 apresenta uma proposta quanto aos principais elementos existentes em um canteiro de obra de construção civil, da autoria de Souza *et al* (1997). Os autores propõem um agrupamento de elementos da seguinte forma: elementos ligados à produção, elementos de apoio à produção, sistemas de transporte com decomposição de movimento, sistemas de transporte sem decomposição de movimento, elementos de apoio técnico e/ou administrativo, áreas de vivência, e outros elementos.

Por seu lado, a CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (s.d.) propõe a divisão das várias etapas de uma obra típica de construção civil segundo os serviços constituintes de cada uma delas, e a discriminação das atividades das várias fases de uma obra desse tipo, de

acordo com as figuras 288 e 289, respetivamente.

| <b>ELEMENTOS</b>  |   |
|---|---|
| <b>Ligados à produção</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• central de argamassa</li> <li>• pátio de armação (corte/dobra/pré-montagem)</li> <li>• central de fôrmas</li> <li>• central de pré-montagem de instalações</li> <li>• central de esquadrias</li> <li>• central de pré-moldados</li> </ul>  |
| <b>De apoio à produção</b>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• almoxarifado de ferramentas</li> <li>• almoxarifado de empreiteiros</li> <li>• estoque de areia</li> <li>• estoque de argamassa Intermediária</li> <li>• silo de argamassa pré-misturada a seco</li> <li>• estoque de cal em sacos</li> <li>• estoque de cimento em sacos</li> <li>• estoque de argamassa Industrializada em sacos</li> <li>• estoque de tubos</li> <li>• estoque de conexões</li> <li>• estoque relativo ao elevador</li> <li>• estoque de esquadrias</li> <li>• estoque de tintas</li> <li>• estoque de metais</li> <li>• estoque de louças</li> <li>• estoque de barras de aço</li> <li>• estoque de compensado para fôrmas</li> <li>• estoque de passarela para concretagem</li> </ul> |
| <b>Sistemas de transporte com decomposição de movimento</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• na horizontal: caminho; jericá; porta-paletes; "dumper"; "bob-cat"</li> <li>• na vertical: sarilho; talha; guincho de coluna; elevador de obras</li> </ul>   |
| <b>Sistemas de transporte sem decomposição de movimento</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• guias: torre fixa; torre móvel sobre trilhos; torre giratória; torre ascensional</li> <li>• guindastes sobre rodas ou esteiras</li> <li>• bombas: de argamassa; de concreto</li> </ul>   |
| <b>De apoio técnico/administrativo</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• escritório do engenheiro e estagiário</li> <li>• sala de reuniões</li> <li>• escritório do mestre e técnico</li> <li>• escritório administrativo</li> <li>• recepção / guarita</li> <li>• chapelaria de ponto</li> </ul>   |
| <b>Áreas de vivência</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• alojamento</li> <li>• cozinha</li> <li>• refeitório</li> <li>• ambulatório</li> <li>• sala de treinamento/alfabetização</li> <li>• área de lazer</li> <li>• instalações sanitárias</li> <li>• vestiário</li> <li>• lavanderia</li> </ul>   |
| <b>Outros elementos</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• entrada de água</li> <li>• entrada de luz</li> <li>• coleta de esgotos</li> <li>• portão de materiais</li> <li>• portão de pessoal</li> <li>• "stand" de vendas</li> </ul>   |
| <b>De complementação externa à obra</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• residência alugada/comprada</li> <li>• terreno alugada/comprado</li> <li>• canteiro central</li> </ul>   |

Figura 288 – Elementos que compõem os canteiros de obras de construção civil

(Fonte: Souza *et al*, 1997)

| ETAPA  | SERVIÇOS   |  |
|--|--|--|
| Serviços preliminares e gerais                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Serviços técnicos (levantamento topográfico, projetos, especificações, etc.)</li> <li>• Instalações provisórias (tapumes, barracão, água, luz esgoto e placas).</li> <li>• Limpeza da Obra</li> </ul> |  |
| Infraestrutura                                 | Trabalhos em terra   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demolições</li> <li>• Limpeza do terreno</li> <li>• Escavações mecânicas</li> <li>• Escavações manuais</li> <li>• Aterro e apiloamento</li> <li>• Locação da Obra</li> <li>• Desmonte em Rocha</li> </ul> |
|  | Fundações e outros serviços  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escoramento do Terreno vizinho</li> <li>• Rebaixamento do Lençol Freático/Drenagem</li> <li>• Fundações Profundas</li> <li>• Fundações Superficiais</li> <li>• Vigas, Baldrames e Alavancas</li> </ul>    |
| Supra-estrutura                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreto Armado</li> <li>• Pré-moldados</li> </ul>  |  |
| Paredes e Painéis                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alvenarias</li> <li>• Esquadrias</li> <li>• Ferragens</li> <li>• Vidros</li> </ul>  |  |
| Coberturas e proteções                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Telhados</li> <li>• Impermeabilizações</li> <li>• Tratamentos</li> </ul>  |  |
| Revestimentos, elementos decorativos e pintura | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimentos internos</li> <li>• Azulejos</li> <li>• Revestimentos externos</li> <li>• Forros</li> <li>• Pinturas</li> <li>• Revestimentos especiais</li> </ul>                                      |  |
| Pavimentação                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Madeira</li> <li>• Cerâmica</li> <li>• Carpete</li> <li>• Cimentado</li> <li>• Rodapés, soleiras e peitoris</li> <li>• Pavimentações especiais</li> </ul>   |  |
| Instalações e aparelhos                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elétricas e Telefônica</li> <li>• Hidráulicas</li> <li>• Esgoto</li> <li>• Instalações Mecânicas</li> <li>• Aparelhos</li> </ul>  |  |

Figura 289 – Serviços das várias etapas de uma obra-tipo de construção civil (Fonte: Adaptado de Caixa Econômica Federal, s.d.)

| FASE DA OBRA            | ATIVIDADES   |
|-------------------------|--|
| Serviços Preliminares   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demolição</li> <li>• Limpeza superficial do terreno</li> </ul>  |
| Infraestrutura          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundações</li> <li>• Rebaixamento do lençol</li> <li>• Escavações e contenções</li> </ul>                             |
| Estrutura               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrutura</li> </ul>  |
| Vedações Verticais      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alvenarias</li> <li>• Divisórias</li> <li>• Esquadrias</li> </ul>   |
| Cobertura e proteção    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Telhado</li> <li>• Impermeabilização</li> </ul>   |
| Revestimentos verticais | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimento vertical</li> </ul>  |
| Pintura                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintura</li> </ul>  |
| Pisos                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso</li> </ul>   |
| Sistemas Prediais       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas Prediais</li> </ul>  |
| Redes e vias            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redes enterradas e aéreas</li> <li>• Terraplenagem</li> <li>• Pavimentação</li> <li>• Drenagem superficial</li> </ul> |

Figura 290 – Proposta de divisão das várias fases de uma obra de construção civil segundo atividades (Fonte: Adaptado de Caixa Econômica Federal, s.d.)



### **3.5.1 CANTEIRO DE OBRA COMO UM SISTEMA APENAS APARENTEMENTE FECHADO**

Capra (1996) define sistema como um todo integrado cujas propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do todo mais amplo. Nessa conformidade o canteiro de obra ser encarado como um sistema, o qual pode por sua vez ser dividido em sub-sistemas, sendo o fenômeno do gerenciamento de resíduos no interior do canteiro um deles. Com efeito, não é possível compreender o funcionamento e a organização do gerenciamento de RCC dentro do canteiro, sem entender que eles fazem parte de um todo maior que é o funcionamento do próprio canteiro, no qual devem se integrar.

Segundo Mèlèse (1990), qualquer sistema a ser estudado é definido e limitado por suas fronteiras. A demarcação destas fronteiras pode ser arbitrária, e sua definição vai depender do fenômeno a ser analisado, das variáveis que o influenciam e do grau de entendimento e precisão desejados. A fronteira do sistema define as variáveis que pertencem ao sistema e as que pertencem ao seu meio ambiente. É através dela que o sistema interage com seu meio ambiente, trocando material, energia e informação.

A utilização do conceito de fronteira permite definir qualquer objeto ou fenômeno como um sistema. Tal conceito permite ainda contemplar o fenômeno como um todo ou apenas considerar suas partes (subsistemas). Dessa forma, uma organização ou um canteiro poderão ser entendidos como um sistema (em qualquer dos casos) ou subsistema ou ainda um macrosistema, dependendo da análise que se queira fazer. As diferenças se concentrarão, portanto, nas necessidades de análise e detalhamento da situação estudada. Assim sendo, é possível expandir o sistema para um raio de ação de perspectiva mais ampla, sendo também possível focar o sistema para uma versão menor.

Por uma questão de facilidade e praticidade, e de delimitação de espaço físico, poderia então imaginar-se o canteiro como um sistema aparentemente fechado (de fronteiras bem definidas), cujas fronteiras físicas seriam as fronteiras espaciais do próprio canteiro. Acontece no entanto que, e no que aos fluxos de RCC/RCD, eles acabam ultrapassando em muito as fronteiras dos canteiros de obras, a partir da erapa do transporte externo.

Segundo Massa, H. (2002), a abordagem sistêmica não é apenas o uso da noção de sistemas para a observação dos fenômenos. Ela pressupõe uma estratégia de ação com o objetivo de gerar o entendimento de um fenômeno. Pode ser considerada como uma abordagem global que leva em conta a totalidade dos elementos envolvidos em uma situação. A abordagem sistêmica pode ser adotada como um método para abordar a

complexidade organizada. Ela ajuda a descrever a complexidade organizada e destaca a interdependência dos elementos de um sistema.

No nosso caso, e considerando o sub-sistema gerenciamento de RCC dentro do sistema canteiro de obra, a estratégia de ação que presumivelmente se imagina como a mais adequada, será a da observação “in-loco” dos procedimentos de gerenciamento dos RCC dentro de canteiros físicos, observando e correlacionando os fluxos dos vários recursos, no sentido de conseguir no final otimizar o processo, recorrendo para isso a um modelo e a um ferramenta/sistema de apoio à decisão.

Rosnay, J. (1975) destaca que, para empregar o modelo sistêmico, são necessárias ferramentas capazes de representar objetos muito grandes, muito pequenos ou muito complexos. Para cada situação existe uma ferramenta adequada, que pode ser utilizada como uma lente, através da qual se modela o objeto visualizado. A partir do reconhecimento do objeto, a ciência pode evoluir.

### **3.6 RESÍDUOS**

Importa fazer a distinção entre vários tipos de resíduos, nomeadamente dentro da categoria mais geral dos resíduos sólidos, as quais aparecem por vezes misturadas em alguns trabalhos acadêmicos. Acresce ainda que por vezes as nomenclaturas mais usadas no país não são as mesmas que as utilizadas no exterior, caindo-se na situação de se estar a falar sobre o mesmo com nomes diferentes conforme a situação.

#### **3.6.1 RESÍDUOS SÓLIDOS (RS), RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) E RESÍDUOS DOMICILIARES (RD)**

Existem várias definições para resíduos sólidos (RS), sendo uma delas a da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), que os define do seguinte modo: “...Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

Trata-se daquilo que as pessoas costumam designar simplesmente de “lixo”, materiais sólidos ou semi-sólidos considerados sem utilidade, que podem inclusivamente em

alguns casos ser perigosos, e que resultam da atividade humana, devendo ser descartados ou eliminados.

Já no que se refere aos resíduos sólidos urbanos (RSU), Pinto, T.P. (1999) define-os como sendo os resíduos sólidos gerados nos ambientes urbanos, classificáveis pela sua origem em resíduos domiciliares, comerciais, de varrição e feiras livres, serviços de saúde e hospitalares; portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários, industriais, vegetais e agrícolas, volumosos, e resíduos da construção e demolição.

Os resíduos sólidos urbanos incluem entre outros a matéria orgânica (dejetos, restos de comida, etc.), papéis e papelões (jornais, revistas, caixas, embalagens e outros), plásticos (garrafas, garrafões, frascos, boiões e outras embalagens), vidros, metais (incluindo latas usadas de bebidas, etc), e outros ainda como óleos de cozinha, óleos de motor, resíduos informáticos, aerossóis vazios, pilhas, baterias, roupas e calçados velhos, lâmpadas, etc. Ou seja, não se trata apenas dos resíduos domiciliares embora uma boa parte deles seja constituída por estes.

Pinto, T. de P. (1999), define resíduos domiciliares como sendo os resíduos sólidos originários das residências, constituído principalmente de restos orgânicos, embalagens em geral e produtos deteriorados, e que pode conter resíduos tóxicos provenientes de produtos diversos utilizados nas atividades domésticas.

Os resíduos domiciliares são constituídos por três frações distintas, os recicláveis, os orgânicos biodegradáveis e os rejeitos. No Brasil, em média, mais de 50% dos resíduos domiciliares são compostos por materiais orgânicos.

### **3.6.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL/RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCC/RCD)**

#### **3.6.2.1 INTRODUÇÃO**

O site da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e demolição (ABRECON), refere que numa linguagem mais técnica o Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição.

Já Pinto, T. de P. (1999), refere-se a estes resíduos como Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Segundo o autor, a denominação RCD é tomada como uma adaptação dos termos “*C&D debris*” ou “*C&D waste*”. Diz ainda que os RCD são compostos por restos

ou aparas dos diversos materiais utilizados ou oriundos da construção e demolição de edificações ou ambientes urbanos.

Marques Neto, J.C. (2009), destaca que dentre os resíduos sólidos urbanos os resíduos de construção e demolição são enquadrados pela NBR 10004 (ABNT, 2004) na classe II-B (inertes), sendo que essa mesma norma os define como "...quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspeto, cor, turbidez, e sabor." E a norma especifica alguns exemplos quando diz "...como exemplo destes materiais, podem-se citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente."

Trata-se daquilo que no Brasil é comum se chamar de entulho, calça ou metralha. São fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes.

Enquanto que o entulho de construção é composto de restos e fragmentos de materiais, o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção.

Embora os valores encontrados em literatura acadêmica variem bastante, pode-se afirmar que o resíduo da construção civil é hoje em dia uma parte bastante significativa em relação ao total de resíduos produzidos nas cidades.

A esse propósito, John, V.M. (2001), refere valores que podem variar entre os 300 a 500 kg/hab.dia até atingirem os 1.300kg/hab.dia, nos meios urbanos nacionais.

Pinto, T. de P. (1999), estima que o volume de RCD que pode atingir mais de 50% da massa de resíduos sólidos municipais. Pinto, T. de P. e Gonzáles, J.L.R. (2005), apresentam um estudo em municípios do estado de São Paulo, o qual sugere a confirmação dos valores anteriormente estimados, de acordo com a figura 291, que se apresenta a seguir.

| Município             | Geração (ton/dia) | Participação em relação aos resíduos sólidos urbanos |
|-----------------------|-------------------|--|
| São Paulo             | 17.240            | 55%  |
| Guarulhos             | 1.308             | 50%  |
| Diadema               | 458               | 57%  |
| Campinas              | 1.800             | 64%  |
| Piracicaba            | 620               | 67%  |
| São José dos Campos   | 733               | 67%  |
| Ribeirão Preto        | 1.043             | 70%  |
| Jundiaí               | 712               | 62%  |
| São José do Rio Preto | 687               | 58%  |
| Santo André           | 1.013             | 54%  |

Figura 291 – Geração de resíduos de construção em cidades do estado de São Paulo (Fonte: Pinto, T.P. e Gonzáles, J.L.R. 2005)

### 3.6.2.2 SITUAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Segundo Bidone, F.R.A. (2001), houve mais recentemente uma evolução tecnológica na construção civil que levou ao aparecimento e utilização de novos materiais, o que levou à demanda de maiores quantidades de energia e de matérias-primas, o que por sua vez conduziu à produção de maiores quantidades de massa e volume de RCC/RCD, e mais heterogêneos.

De acordo com Marques Neto, J.C. (2009), presentemente e na maior parte das construções no Brasil observa-se uma falta de compromisso com as práticas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos, podendo-se afirmar que os canteiros de obra brasileiros ainda trabalham segundo a lógica do desperdício.

Desperdício esse que segundo Franchi e outros (1993), deve ser entendido não apenas como os materiais não utilizados nos canteiros, mas também todos aqueles que se perdem também ao longo de todo o processo construtivo.

A esse propósito, Paliari, J.C. (1999), afirma que a parcela de perdas traduzida pelo entulho pode ter várias proveniências, a saber: quebra de componentes, retrabalhos, sobras de material ao final da jornada diária, e outros.

Já Agopyan, V. (2001) afirma que algumas pesquisas indicaram índices de desperdício entre 7% e 8% no setor da construção civil. Esses quantitativos, ou se traduzem em entulho ou em perdas incorporadas nas obras, e trata-se de valores de desperdício de material, não levam em conta as perdas econômicas representadas pela mão-de-obra a mais necessária aos trabalhos de incorporação, ou as referentes à recolha/coleta, e destinação final.

Cassa e outros (2001), destacam que a produção dos entulhos da construção representam não apenas perdas para os próprios geradores, como para os agentes públicos também. Esse é um fator que como é evidente interessa à sociedade como um todo. A maior parte das pesquisas acadêmicas acabam abordando o gerenciamento dos resíduos de construção na ótica pública, no entanto a presente tese tem o foco de encarar esse problema sob a perspectiva dos agentes privados.

Por outro lado, Marques Neto, J.C. (2009), relaciona os volumes significativos de resíduos da construção que se registram sobretudo aos seguintes fatores:

Ausência de gestão de RCD nos canteiros de obras;

Mão-de-obra despreparada no que diz respeito à gestão dos resíduos;

Perdas e desperdícios de materiais devido a projetos pouco otimizados e métodos ineficazes;

Consumo excessivo de recursos naturais por super-dimensionamento de serviços da construção;

O mesmo autor enfatiza a importância de planos de gerenciamento de resíduos em canteiros de obra, na medida em que podem ajudar a diminuir os volumes de entulho, e refere que para além disso, essa prática poderia fazer com que alguns materiais que hoje em dia são transformados em resíduos pudessem ser reutilizados na própria obra, reduzindo os elevados índices de desperdício.

### **3.6.2.3 SITUAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO CONTEXTO EUROPEU**

No que respeita à situação dos resíduos de construção civil noutras latitudes do globo, mormente no continente europeu, pode-se afirmar com segurança que ela sofreu alguns avanços em relação à situação no Brasil. Isso não significa no entanto que se tenha chegado a uma situação de perfeição ou de definitividade.

Assim, e de acordo com Miranda, C.A. de (2009), e contrariamente ao que acontece com outros fluxos de resíduos, como sejam embalagens e resíduos de embalagem, pilhas e acumuladores usados, ou veículos em fim de vida, não existe legislação específica para o fluxo de RCD ao nível da União Europeia (UE). Contudo, existem orientações, linhas estratégicas e programas que foram sendo estabelecidos ao longo da existência da UE. No início da década de 1990 do século XX foi então aprovado um documento programático onde constam as grandes linhas da estratégia comunitária da gestão dos resíduos, “Community strategy for waste management to the year 2000” (*Commission of the European*

*Communities*, 1989). Este documento trouxe uma importante mudança às orientações das políticas comunitárias relativas aos resíduos.

Os princípios básicos que esta estratégia referiam eram:

- ✓ Estabelecer uma hierarquia de gestão de resíduos, com a seguinte ordem:
- ✓ Minimizar a produção de resíduos;
- ✓ Fomentar a sua reutilização direta;
- ✓ Fomentar a sua reciclagem e recuperação;
- ✓ Incineração com recuperação energética;
- ✓ Aterro controlado em aterros licenciados.
- ✓ Reduzir ao máximo a transferência de resíduos para evitar acidentes (Princípio da Proximidade);
- ✓ Minimizar a quantidade e a toxicidade dos resíduos;

Miranda, C.A. de (2009), referia estar em curso o Sexto Programa Comunitário de Acção em Matéria de Ambiente, inicialmente publicado no ano de 2002 (Decisão n.º 1600/2002/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Julho de 2002), intitulado "*Ambiente 2010: o nosso futuro, a nossa escolha*", predominantemente de carácter preventivo, onde a UE definia as prioridades e objetivos da política ambiental europeia não apenas até 2010 como para além dessa data, e enumerava as medidas a tomar no sentido de contribuir para a aplicação da sua estratégia em matéria de desenvolvimento sustentável. Nesse documento eram definidos cinco eixos prioritários de acção estratégica: 1 - melhorar a aplicação da legislação em vigor; 2 - integrar o ambiente nas demais políticas; 3 - colaborar com o mercado; 4 - implicar os cidadãos e modificar o seu comportamento; 5 - ter em conta o ambiente nas decisões relativas ao ordenamento e à gestão do território.

O programa de acção centrava-se em quatro domínios de acção prioritários: 1 - alterações climáticas; 2 - natureza e biodiversidade; 3 - ambiente, saúde e qualidade de vida; 4 - recursos naturais e resíduos. No que respeita aos resíduos, o objectivo específico era reduzir o seu volume final em 20% até 2010 e em 50% até 2050. As acções a realizar neste sentido eram as seguintes:

- ✓ Elaborar uma estratégia para a gestão sustentável dos recursos, estabelecendo prioridades e reduzindo o consumo;
- ✓ Fiscalizar a utilização dos recursos;
- ✓ Eliminar as subvenções que promovem a utilização excessiva dos recursos;

- ✓ Integrar o princípio da utilização eficaz dos recursos no âmbito da política integrada de produtos, dos sistemas de atribuição do rótulo ecológico, dos sistemas de avaliação ambiental, etc.;
- ✓ Elaborar uma estratégia para a reciclagem dos resíduos;
- ✓ Melhorar os sistemas existentes de gestão dos resíduos e investimento na prevenção quantitativa e qualitativa;
- ✓ Integrar a prevenção dos resíduos na política integrada de produtos e na estratégia comunitária relativa às substâncias químicas;

Entretanto, em 19 de novembro de 1998 havia sido publicada a "Diretiva Quadro dos Resíduos" (Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho), a qual estabelecia medidas de protecção do ambiente e da saúde humana, prevenindo ou reduzindo os impactos adversos decorrentes da geração e gestão de resíduos, diminuindo os impactos gerais da utilização dos recursos e melhorando a eficiência dessa utilização.

Previa uma hierarquia e uma ordem de prioridades sobre gestão de resíduos: 1 - prevenção e redução; 2 - preparação para a reutilização; 3 – reciclagem; 4 - outros tipos de valorização (como seja através da valorização energética); 5 - por último, a eliminação.

Previa ainda uma distinção entre subprodutos e resíduos, a qual se tornava fundamental para o aproveitamento dos recursos, e também clarificava a fase em que um resíduo deixava de o ser (fim do estatuto de resíduo). De salientar que para o caso dos agregados (e de outros resíduos) estava prevista a consideração de critérios específicos para o estabelecimento do fim do estatuto. Previa a obrigatoriedade de realizar programas de prevenção de resíduos, os quais deviam ser integrados nos planos de gestão de resíduos ou noutros programas de política ambiental, até 12 de Dezembro de 2013.

O documento determinava que em 2020 a preparação para a reutilização, reciclagem e valorização deveria afetar no mínimo um aumento de 70% em peso dos resíduos de construção e demolição não perigosos, com exclusão de materiais naturais definidos na categoria 17 05 04 da lista de resíduos.

Já Lipsmeier e outros (2002), declaram que no ano de 2002, a União Europeia e ao abrigo do Programa "Crescimento Competitivo e Sustentável", lançou o Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios, com o objetivo de disciplinar a gestão dos resíduos de construção e demolição nos seus países membros.

De acordo com os autores, para que haja sucesso na gestão dos resíduos relativos a um projeto de construção, todos os seus principais agentes intervenientes deverão estar convenientemente preparados antes do início dos trabalhos.



Não será o bastante apenas transmitir os conhecimentos indispensáveis à gestão e reciclagem dos resíduos, sendo necessário também transformar a aversão que normalmente existe quanto à mudança das práticas usualmente utilizadas, em função do novo modelo que se pretende implantar.

Segundo o manual, os passos que devem ser seguidos para uma gestão de resíduos otimizada, podem ser estruturados do seguinte modo:

Estudos iniciais e planejamento da gestão de resíduos em obra, através da investigação das disposições legais, do estudo das possibilidades de prevenção de resíduos, da concepção de planos de coleta e eliminação de resíduos em obra, e da concepção de planos de gestão de resíduos para projetos de demolição controlada;

Contrato para coleta e tratamento de resíduos: realização de mapas de quantidades, desenvolvimento de cláusulas contratuais para separação e tratamento de resíduos, e análise dos benefícios da gestão;

Gestão de resíduos durante o período de construção: definição de responsabilidade para a coleta e tratamento de resíduos, informação sobre o pessoal de todas as empresas envolvidas, controle da separação dos resíduos e organização do layout do canteiro;

Documentação de tratamento de resíduos: são os documentos referentes ao tratamento dos resíduos, implementação de registros de custos dos resíduos e relatórios finais da gestão.

No que se refere à situação dos resíduos no contexto europeu mas numa perspectiva mais quantitativa, temos as seguintes referências:

Segundo Sepúlveda, J. (2007), até mesmo no continente europeu, onde as regulamentações são rigorosas, existe uma grande discrepância entre as realidades que se verificam nos vários países. Assim, de acordo com o autor, existem casos de países como a Holanda e a Dinamarca, que chegam a alcançar taxas de reciclagem da ordem dos 95%. Já em países mais a sul na Europa, como é o caso de Espanha ou Portugal, essas taxas de reciclagem caem para valores na casa dos 5%.

Ruivo, J. e Veiga, J. (2004), afirmam que a Dinamarca constitui um dos países mais desenvolvidos no que diz respeito à gestão dos RCD, sendo a sua reciclagem uma prática corrente no país. Os resíduos de construção e demolição representam 25% a 50% do total de resíduos em território dinamarquês. Sendo o país um conjunto de ilhas que perfazem uma extensão territorial relativamente pequena, essa falta de áreas para aterros foi o principal fator que impulsionou a necessidade da reciclagem no país.

A Danish Environmental Protection Agency (DEPA, 2007) confirmava a subida, entre os anos de 2004 e 2005, da quantidade de resíduos de construção civil gerados na Dinamarca, atingindo 5,27 milhões de toneladas em 2005, o que representava a mais 775 milhões de toneladas relativamente ao ano anterior. Em termos percentuais essa subida representou um acréscimo de 17%. O aumento foi atribuído a um aquecimento do setor da construção civil dinamarquês durante o período.

A figura a seguir apresenta a evolução da geração de resíduos da construção civil e obras públicas na Dinamarca no período de 2004/2005.

| Tipo de residuo             | 2004             | 2005             | Alteração (%) |
|-----------------------------|------------------|------------------|---------------|
| Resíduos não combustíveis   | 124.476          | 151.742          | 22            |
| Concreto                    | 1.046.921        | 1.179.374        | 13            |
| Azulejo                     | 247.210          | 241.749          | -2            |
| Outros RCD                  | 536.456          | 478.614          | -11           |
| Asfalto                     | 716.481          | 736.603          | 3             |
| Solo e pedras               | 1.367.194        | 1.932.476        | 41            |
| Outros resíduos recicláveis | 140.760          | 165.984          | 18            |
| Outros resíduos             | 316.072          | 383.810          | 21            |
| <b>Total</b>                | <b>4.495.570</b> | <b>5.270.352</b> | <b>17</b>     |

Figura 292 – Geração de resíduos de construção civil e obras públicas na Dinamarca, durante os anos de 2004 e 2005 (Fonte: DEPA, 2007)

No que diz respeito à reciclagem na Dinamarca, o percentual de resíduos da construção civil e obras públicas reciclados em 2004 era de 94%, sendo 4% depositados em aterro e apenas 2% incinerados. Outro aspeto importante é o cuidado com a demolição seletiva no país. Os dados são apresentados na figura 293.

| Tratamento                   | 1994  | 1996  | 1998  | 2000  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Reciclagem                   | 2.052 | 2.748 | 2.664 | 2.889 | 3.735 | 3.531 | 4.231 | 4.943 |
| Incineração                  | 16    | 17    | 32    | 65    | 72    | 77    | 81    | 106   |
| Aterro                       | 363   | 317   | 266   | 269   | 229   | 170   | 172   | 208   |
| Tratamento especial          | 2     | 6     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Armazenamento <sup>(1)</sup> | -     | -     | -     | -     | 8     | 8     | 11    | 14    |

Figura 293 – Formas de tratamento dos RCD na Dinamarca, em milhões de toneladas (Fonte: DEPA, 2007)

Nota: armazenamento significa que os resíduos em questão foram armazenados temporariamente pelas autoridades do município. Apesar de a Dinamarca ter incineradores em excesso, o armazenamento de resíduos pode acontecer por questões de reparações ou de encerramento das operações ou instalações existentes.

Ruivo, J. e Veiga, J. (2004) afirmam que algumas das medidas que ajudaram a Dinamarca a tornar-se uma referência no gerenciamento dos resíduos da construção civil foram:

Obrigatoriedade da separação das diferentes frações de RCD pelos geradores;

Imposição de taxas elevadas para deposição em aterro e incineração a partir de 1987;

Criação de um imposto específico sobre a extração de agregados naturais;

Imposição de metas de reciclagem a nível nacional e municipal;

Colaboração com empresas de demolição com o objetivo de ampliar a demolição seletiva;

Um outro caso que constitui referência no gerenciamento de resíduos da construção civil no continente europeu é o da Holanda.

Assim, segundo o Sysmond Group (1999), na Holanda o uso de agregados reciclados a partir do entulho é amplamente incentivado seja pelas autoridades ou pela indústria. Existem no país em torno de 120 centrais de reciclagem, as quais perfazem uma capacidade total de mais de 16,26 milhões de toneladas por ano. Em 1996 o percentual de reutilização e reciclagem de resíduos de construção civil girava em torno de 90%. Os agregados reciclados eram depois sobretudo utilizados na construção de estradas, construção civil, ou na regularização de aterros e recuperação de asfalto.

Por outro lado, e segundo os dados disponibilizados no site da Universidade do Minho, na Holanda têm-se efetuado estudos para implementar novas regulamentações para a utilização de resíduos reciclados. Os resíduos de concreto e alvenaria são sujeitos a moagem e são posteriormente classificados como: • Agregados de concreto moído; • Agregados de alvenaria moída; • Agregado misturado moído (mistura de concreto e alvenaria). O mesmo site refere “...Na Holanda desde 1984 que se realizam testes e pesquisas para se proceder à aprovação e controlo da utilização de betão (concreto) e alvenaria reciclados, como agregados. Estes estudos já permitiram efetuar as seguintes alterações: o constituinte principal, o agregado de betão (concreto), precisa de representar mais de 95% do total do material. Restringe-se a 5% a parcela de materiais secundários, como tijolo de argila, betão leve, betão celular, material cerâmico e argamassa de assentamento e revestimento (com exceção de gesso ou qualquer material que o contenha). Finalizando, nada mais do que 1% do agregado do betão moído, pode apresentar madeiras, papel, vidro, têxteis, materiais betuminosos, etc. O constituinte principal, o agregado de alvenaria, precisa representar mais de 65% do total do material. Para os materiais secundários há uma lista abaixo, com os valores limites: • Betão leve – 20%; • Betão celular – 10 %; • Materiais Cerâmicos – 20%; • Argamassa de alvenaria – 25%; • Gesso e materiais que contêm gesso são excluídos.”

A figura a seguir fornece um conjunto de dados quantitativos que dão a noção do estágio da gestão dos dos RCD no conjunto dos 15 países da União Europeia no ano de 1999.

| Estado Membro | Quantidade de RCD (Mt) | Destino         |               |                |            |
|---------------|------------------------|-----------------|---------------|----------------|------------|
|               |                        | Reutilizado (%) | Reciclado (%) | Incinerado (%) | Aterro (%) |
| Alemanha      | 59                     | -               | 17            | -              | 83         |
| Reino Unido   | 30                     | -               | 45            | -              | 55         |
| França        | 23,6                   | -               | 15            | -              | 85         |
| Itália        | 20                     | 6               |               |                |            |
| Espanha       | 12,8                   |                 | <5            |                | >95        |
| Holanda       | 11,17                  | 0               | 90            | 1              | 9          |
| Bélgica       | 6,75                   | 1               | 87            | 1              | 11         |
| Áustria       | 4,7                    | -               | 41            | -              | 59         |
| Portugal      | 3,2                    |                 | <5            |                | >95        |
| Dinamarca     | 2,64                   | 6               | 75            | 3              | 16         |
| Grécia        | 1,8                    |                 | <5            |                | >95        |
| Suécia        | 1,69                   | 1               | 20            | 17             | 62         |
| Finlândia     | 1,35                   | 3               | 42            | 24             | 31         |
| Islândia      | 0,57                   | 1               | 0             | 0              | 99         |
| Luxemburgo    | 0,3                    |                 | <5            |                | >95        |
| <b>EU-15</b>  | <b>180</b>             | <b>-</b>        | <b>-</b>      | <b>-</b>       | <b>-</b>   |

Figura 294 – Quantidades e destino dos RCD nos países da União Europeia em 1999 (Fonte: Symond Group, 1999)

Tomando agora por referência outros países europeus, e de acordo com Hendricks, C.H.F. e Pietersen, H.S. (2000), na Bélgica estimava-se que se produzissem nessa época 80 milhões de toneladas de RCD por ano.

No ano de 2000 a taxa de reciclagem era aproximadamente de 45% e atualmente está numa taxa de 90%; para se atingir esta taxa existem 90 unidades de reciclagem em pleno funcionamento. A maioria dos agregados reciclados é utilizada na construção de estradas e na produção de concreto a partir de agregados reciclados de fração 4/32 mm, substituindo os inertes naturais.

O mesmo autor, afirma que noutros países como a Finlândia, Áustria e Reino Unido a prática da reciclagem tinha uma taxa de 40 a 45% dos RCD produzidos no total. As frações de concreto, cerâmica e telhas possuíam uma taxa de 50 a 76%. A reciclagem dos RCD nesses países desenvolveu-se devido à política de gestão de resíduos adotada pelos mesmos, a qual se baseava essencialmente na economia/taxa de deposição em aterro, e na legislação criada (separação seletiva, reutilização e reciclagem).

De acordo com o site da CMMN, na Suécia, Alemanha e França a reciclagem diminuiu para 15 a 20% dos RCD produzidos no total. Esta baixa percentagem de reciclagem de RCD na Alemanha contrasta com o número elevado de britadores existentes no país (1000 com capacidade média para triturar 120.000 ton/ano) bem como com a percentagem de reciclagem do Reino Unido que possui somente 50 a 100 britadores mas que têm uma taxa

de reciclagem de 45%. Segundo o referido site, outro grupo de países onde a taxa de reciclagem é muito baixa é a Irlanda e a Itália, com respetivamente 6 a 9% do total dos RCD produzidos; no entanto apresentam uma tendência para aumentar a sua taxa, tendo em conta a legislação comunitária e a necessidade de diminuir a produção de resíduos e aumentar a sua reutilização de agregados reciclados.

Segundo o mesmo site, em Portugal, Grécia e Espanha, a taxa de reciclagem de RCD é quase nula, pois o processo encontra-se no início, mas em franco desenvolvimento, existindo já operadores de resíduos que reciclam RCD para reutilização em diversos fins e cumprindo as normas exigidas pela regulamentação em vigor (CMMN, Julho 2009). Segundo Malheiro, P. (2008), estima-se em Portugal uma taxa de reciclagem de aproximadamente 5%.

Sepúlveda, J. (2007), é da mesma opinião, quando afirma que Portugal começa a dar os primeiros passos em relação à gestão dos resíduos da construção civil. Segundo ele, é necessário quantificar os entulhos de forma bastante precisa, para não serem cometidos erros na conceção de futuras soluções. Entretanto, alguns problemas dificultam a elaboração de planos de gestão de RCD, nomeadamente de confiabilidade nos dados referentes à quantidade de resíduos de construção e demolição gerados no país. Por diversos fatores, acabam não havendo valores rigorosos, a começar pela inexistência de um método único de quantificação.

#### **3.6.2.4 SITUAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO CONTINENTE NORTE-AMERICANO E NO JAPÃO**

Marques Neto, J.C. (2009), citando o relatório da Franklin Associates (1998), afirma que nos EUA e no ano de 1996, para a Environmental Protection Agency, eram gerados aproximadamente 136 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição, não contando com os resíduos provenientes da construção de estradas, limpeza de terrenos e solos de escavação. Estimava-se uma taxa per capita de 1,3 Kg de resíduo de construção por dia. No mesmo estudo foi obtida uma taxa de geração por m<sup>2</sup> que variava na faixa de 15 Kg/m<sup>2</sup> a 50 Kg/m<sup>2</sup>, devendo-se observar que esses valores variavam em função do tipo de edificação pesquisada.

Para que pudesse ser estimada a produção dos RCD nos diversos estados norte-americanos, o estudo fez a classificação dos resíduos de construção provenientes dos edifícios residenciais e dos edifícios não residenciais. Os dados mostraram que 43% dos RCD eram provenientes de edifícios residenciais e 57% de edifícios não residenciais.

A figura 295 mostra uma síntese da estimativa de produção dos RCD nos EUA no ano de 1996.

| Fonte      | Residencial |     | Não Residencial |     | Totais  |     |
|------------|-------------|-----|-----------------|-----|---------|-----|
|            | (Mt)        | (%) | (Mt)            | (%) | (Mt)    | (%) |
| Construção | 6,560       | 11  | 4,270           | 6   | 10,830  | 8   |
| Renovações | 31,900      | 55  | 28,000          | 36  | 59,900  | 44  |
| Demolições | 19,700      | 34  | 45,100          | 58  | 64,800  | 48  |
| Totais     | 58,160      | 100 | 77,370          | 100 | 135,530 | 100 |
| (%)        | 43          |     | 57              |     | 100     |     |

Figura 295 – Estimativa de geração de RCD nos EUA, em milhões de toneladas, no ano de 1996 (Fonte: Marques Neto, 2009)

As demolições de edifícios, segundo o mesmo estudo, contribuíam com 65 milhões de toneladas por ano, o que representava aproximadamente 48% do total das obras do país. Obras de renovação ou ampliação contribuíam com cerca de 60 milhões de toneladas por ano, o que correspondia a 44%, e as obras de construções novas produziam aproximadamente 11 milhões de toneladas por ano, o que representava cerca de 8%.

A opção de gestão mais utilizada para os resíduos de construção e demolição eram os aterros específicos para esse tipo de resíduos, com cerca de 35% a 45% de toda a massa gerada no país. A reciclagem tinha uma participação de 20% a 30%, e as deposições em aterros de resíduos sólidos urbanos ou outros locais de deposição, tais como aterros não permitidos, juntamente com a incineração, totalizavam taxas entre 30% a 40% (figura 296).

| Opção de Gestão                        | Milhões de toneladas por ano (Mt/ano) | Porcentagem do total (%) |
|--|---------------------------------------|--------------------------|
| Recuperar para reciclagem              | 25-40                                 | 20-30                    |
| Aterros de RCD                         | 45-60                                 | 35-45                    |
| Aterros de RSU e outros <sup>(1)</sup> | 40-55                                 | 30-40                    |
| <b>Totais</b>                          | <b>136</b>                            | <b>100</b>               |

Figura 296 – Estimativa das formas de gestão dos RCD nos EUA em 1996 (Fonte: Marques Neto, 2009)

No Canadá são geradas cerca de 15 milhões de toneladas por ano de RCD, incluindo os resíduos de obras de infraestrutura como estradas e pontes. Estima-se que 43% do resíduo tenha sido reciclado. Os RCD gerados no Canadá são classificados em três origens distintas: as construções novas produzem 67% dos resíduos, as renovações 27% e

as demolições 7%. A principal opção de disposição final no país ainda são os aterros, classificados em urbanos e rurais. (GH2M, 2000).

No Japão, estima-se que no ano 2000 foram geradas 85 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição. Através de estudo de caracterização física dos RCD, dessa quantidade 42% eram resíduos de asfalto e concreto, 35% de concreto, 9% de lamas, 6% de madeira, 6% de resíduo misturado e 2% de outros tipos de resíduos. Os resíduos de concreto atingiam cerca de 35 milhões de toneladas, dessa massa 95% voltou a ser usada como leito de estradas ou material de enchimento. Da mistura de asfalto com concreto 98% foi reciclado, enquanto as lamas têm índices de 35% de reciclagem e outros 10% são enviados para aterros (GREENWOOD & EGBU, 2005).

Lauritzen, E.K. (2004), faz uma síntese da situação quando afirma que, ao contrário dos demais fluxos de resíduos sólidos urbanos, os RCD não têm tendência a diminuir nas próximas décadas, muito pelo contrário. Assim, de acordo com o autor, de cerca de 1 bilhão de toneladas produzidas no mundo inteiro no ano 2000, estima-se que essa quantidade seja duplicada até o ano de 2020.

### **3.6.2.5 AS ETAPAS E OBJETIVOS DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

De acordo com Chelsom, Payne e Reavill (2006), e de uma forma bem simples, o gerenciamento é a forma como empresas e muitas outras organizações se estruturam para poderem ser recompensadas por uma ideia.

Antes de mais interessa considerar o que é gerenciado, no caso os insumos, e depois as funções dos administradores no que diz respeito às respectivas contribuições para transformar esses insumos em saídas, produtos ou serviços durante o processo.

Para Leite, W.C de A. (1997), o conceito de gerenciamento diz respeito então aos aspectos tecnológicos e operacionais, e envolve fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho, como a produtividade e a qualidade. Trata-se da realização do que a gestão delibera, através da ação administrativa de planejamento e controle de todas as etapas do processo, na qual a gestão pode ser definida como atividade correlata à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor para uma determinada finalidade, envolvendo instituições, políticas, instrumentos e meios.

Segundo Schalch, V. e Córdoba, R.E. (2011), e de uma maneira genérica, pode-se definir gestão como um conjunto de normas e diretrizes que regulamentem os arranjos

institucionais (identificação dos diferentes agentes envolvidos e seus respectivos papéis), os instrumentos legais e os mecanismos de financiamento.

No caso mais específico dos resíduos sólidos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) define gestão integrada como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. A mesma lei define o gerenciamento de resíduos sólidos como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos RS e disposição final dos rejeitos, considerando que a destinação e disposição são ambientalmente adequadas, de acordo com os planos municipais de gestão integrada e de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na mesma lei.

A figura 297 evidencia a situação atual e a ideal, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, de estratégia para a gestão e o gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Nessa mesma figura, a situação atual demonstra que a sua prioridade está no tratamento dos resíduos, e não na prevenção da poluição, que ocorre menos, ao contrário da situação ideal, onde se deveria realizar mais a prevenção da poluição, com a análise do ciclo de vida, e também diminuir o volume de atividades, de forma a que hajam muito poucos resíduos a serem tratados, seja na sua forma física, química e/ou biológica, até a inexistência da disposição final.

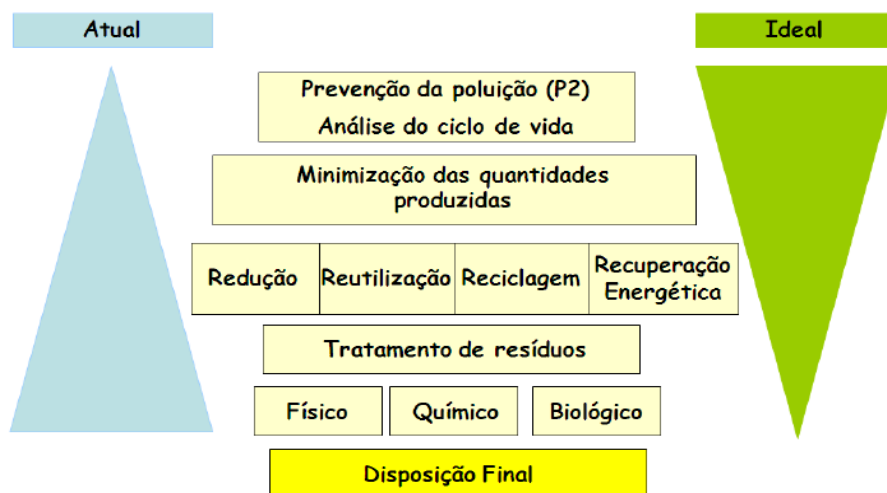


Figura 297 – Estratégias para a gestão e o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos (Fonte: Schalch e Córdoba, 2011)

No que diz respeito aos resíduos de construção civil, a Resolução CONAMA nº 448/2012 alterou a definição que a Resolução CONAMA nº 307/2002 apresentava para



gerenciamento dos mesmos, passando então para um conceito bastante idêntico ao do PNRS, de acordo com o que se transcreve: “...conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Brasil, 2012).

Ademais, a referida Resolução CONAMA nº 348 adotou também a definição de gestão integrada de resíduos sólidos que já havia sido apresentada na PNRS.

Independentemente da especificidade e do tipo de gestão e gerenciamento, podem-se definir alguns procedimentos necessários para sua melhor realização, aplicando-se determinadas ferramentas e técnicas, através de ações voltadas à concretização de metas pré-estabelecidas num determinado modelo de gestão.

A figura 298 dá um exemplo daquelas que podem ser as etapas de gestão e do gerenciamento dos resíduos de construção civil.

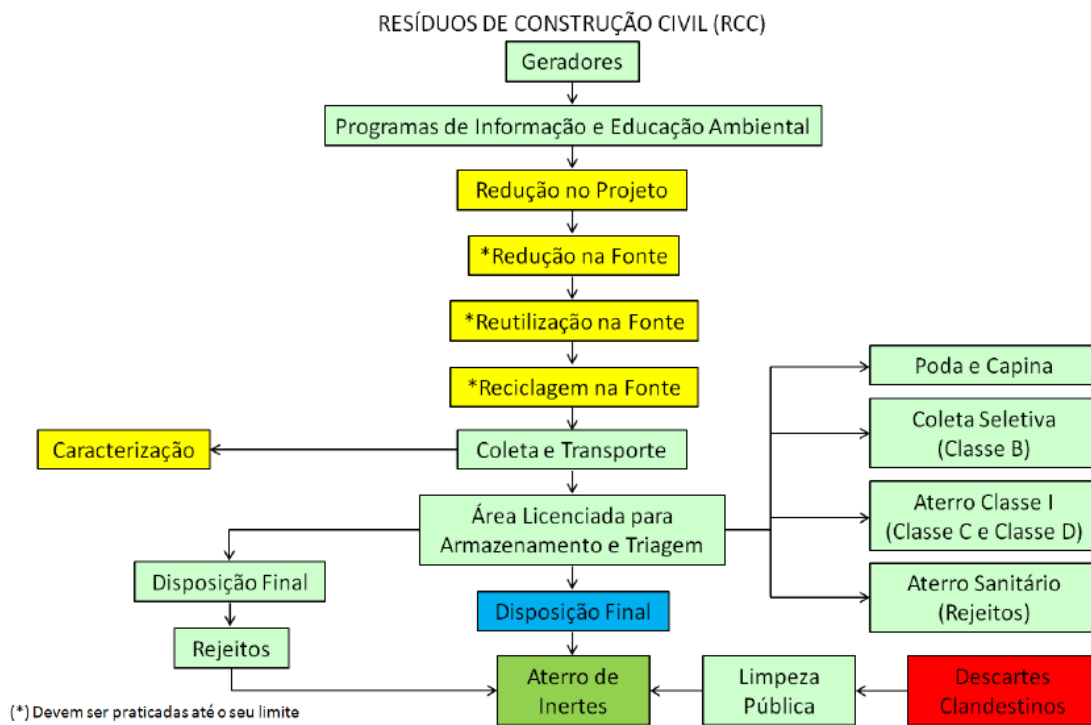


Figura 298 – Etapas da gestão e do gerenciamento dos resíduos de construção civil (Fonte: Schalch e Córdoba, 2011, adaptado por Martins, 2012)

De acordo com a própria Resolução CONAMA nº 307/2002, o intuito do gerenciamento dos resíduos de construção civil deverá ser, por ordem de prioridades, não gerar, reduzir a geração, reutilizar, reciclar, e proceder à disposição final. Fácil será então concluir que qualquer obra se deve organizar ao máximo no sentido de cumprir essa ordem

de prioridades, não apenas durante as suas fases construtivas mas começando antes até, ainda durante a fase de projeto.

Desse modo, são trazidos à coação múltiplos conceitos, como os de racionalização, produção mais limpa, e outros.

Para abordar a racionalização no domínio do gerenciamento dos resíduos de construção civil, há que começar por fazer não apenas uma contextualização do conceito, como ainda referir alguns outros assuntos correlatos.

Assim, temos que Sabbatini, E.H. (1989), distingue os conceitos de racionalização construtiva e racionalização da construção. Neste último conceito a abordagem é mais abrangente, de grande complexidade e importância. Já o conceito de racionalização construtiva, está em um plano mais micro-econômico, e se refere à racionalização das técnicas construtivas.

Sabbatini, E.H. (1989), acredita ainda que em nível macro-econômico, confundem-se os objetivos da racionalização e da industrialização da construção. O autor adota então a definição de Sarli para racionalização da construção e que é a seguinte: *“Racionalização da construção é o processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade sócio-econômica própria.”*

Para Farah, M.F.S. (1992), no Brasil o conceito de racionalização tende a tornar-se uma solução de meio termo entre construção tradicional e industrializada, e simultaneamente, uma opção estratégica para o setor da construção civil. É nesse sentido que devem ser entendidas algumas iniciativas, como a normalização e a certificação de produtos e serviços, bem como os programas educacionais promovidos por instituições públicas e privadas. No entanto, e face à realidade atual, pode-se afirmar que tais esforços são ainda relativamente incipientes.

Em uma dimensão “micro”, e para Sabbatini, E.H. (1989), a racionalização acaba tornando-se uma ferramenta para a industrialização, e que é essencial para que esta possa atingir as suas metas. O autor define racionalização construtiva do seguinte modo: *“...racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de ações que tenham como objetivo otimizar o uso dos recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.*

De acordo com Melighender, M. (1976), a racionalização dos métodos construtivos tradicionais implica em uma reorganização completa das empresas, impactando em fatores como a relação entre projetistas e construtoras, qualificação de mão-de-obra, compatibilização de projetos e industrialização de processos.

Fica mais fácil desse modo compreender como a racionalização construtiva pode contribuir de uma forma efetiva para a redução do volume de entulho gerado nas obras.

As empresas deverão realizar um planejamento adequado dos empreendimentos, definir as responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em planos e programas relativos aos vários projetos. Os próprios projetos executivos necessários à construção das obras cujos resíduos terão que ser gerenciados têm que ser compatibilizados entre si, e as pessoas envolvidas na respectiva elaboração deverão ter em mente um modelo de “produção mais limpa”.

Segundo Lipsmeier e outros (2002), a “produção mais limpa” consiste na aplicação de uma estratégia econômica, ambiental e técnica integrada a processos e produtos, cuja finalidade é aumentar a eficiência no uso de matéria-prima, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem dos resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos.

Para eles, essa concepção de minimização da geração de resíduos, deve estar presente tanto em projetos de construção quanto de demolição, já que em projetos de demolição, modernização e reparação, o conhecimento sobre a construção permite determinar sua composição e, desse modo, saber quais tipos de resíduos serão gerados.

Franco, L.S. e Agopyan, V. (1993), afirmam que dentre as etapas de desenvolvimento de um empreendimento, a da concepção, onde se incluem os estudos preliminares, anteprojeto e projeto, exerce uma função determinante na qualidade tanto do produto acabado como do processo construtivo. Assim sendo, a melhoria da qualidade do projeto pode proporcionar a obtenção de melhor qualidade, tanto de um como de outro. Ademais, muitas medidas de racionalização e praticamente todas as ações de controle da qualidade, dependem da definição do escopo do empreendimento, através de uma clara especificação na fase de concepção, já que não é possível controlar uma atividade ou produto se as suas características não se encontrarem perfeitamente definidas.

O projeto, para além de ser decisivo na definição do processo construtivo, é também fundamental para a elaboração do planejamento executivo da obra. Assim, se as informações do projeto não tiverem um grau de precisão e detalhe coerentes com a execução, isso dá origem a que muitas variáveis incontroláveis sejam introduzidas no planejamento, contribuindo para a ocorrência de problemas futuros em várias etapas e setores da obra, e entre outros fatores um aumento da geração de resíduos em obra.

De acordo com Mattos, A.D. (2010), o planejamento tem um papel determinante, por exercer forte impacto no desempenho da produção, já que ao planejar uma obra, o gestor adquire um elevado grau de conhecimento do empreendimento, permitindo-lhe ser mais

eficiente na condução dos trabalhos. Os principais benefícios que o planejamento traz são o conhecimento pleno da obra, a detecção de situações desfavoráveis, agilidade nas decisões, relação com o orçamento, otimização da alocação de recursos, referência para o acompanhamento, padronização, referência para metas, documentação e rastreabilidade, criação de dados históricos e profissionalismo.

Franco, L.S. e Agopyan, V. (1993), fazem notar que em relação aos resultados, é na fase de concepção do projeto que são tomadas as decisões que mais repercutem nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos. Desse modo, as alterações que tenham por objetivo a racionalização e que sejam implementadas nessa fase, têm quase sempre um custo muito menor do que aquelas que forem implementadas em fases posteriores, inclusive as referentes ao gerenciamento de resíduos. É importante referir que qualquer medida tomada posteriormente acabará tendo grandes interferências nas etapas de produção, e como tal no custo da construção, enquanto as medidas tomadas na fase de concepção do projeto apenas terão interferência no trabalho dos projetistas.

Lipsmeier, K. e outros (2002) afirmam ser possível realizar uma estimativa inicial da quantidade de RCC que serão gerados, através da descrição do tipo de construção e dos levantamentos quantitativos dos projetos executivos da obra. Dessa forma, seria possível realizar uma construção mais sustentável, que otimizasse a execução dos serviços de maneira a maximizar a produtividade dos mesmos, e a minimizar a geração de resíduos.

Franco, L.S. e Agopyan, V. (1993) referem que, embora exista um consenso muito grande no meio técnico ligado à construção quanto à importância da fase de concepção do empreendimento, na prática observam-se muito poucas medidas de aprimoramento quanto à mesma.

Segundo os autores, durante a viabilização dos empreendimentos, o foco é voltado para os aspectos estratégicos do gerenciamento empresarial que têm a ver com os fluxos financeiros. Dessa forma, o projeto acaba sendo colocado em um segundo plano, sendo elaborado com mínimo aprofundamento das soluções construtivas, postergando-as para a solução “em campo”, na etapa de construção.

Um outro aspecto extremamente importante, e que ajuda a perceber as razões para que a situação quanto ao gerenciamento dos resíduos de construção civil não seja a desejada no país, é o que se relaciona com a caracterização da inter-relação entre construtoras e empresas de projeto.

Assim, é do conhecimento de todos aqueles que atuam no setor que os projetos de edificações no Brasil, na maioria das vezes, são desenvolvidos por escritórios ou profissionais contratados, cujos vínculos com as construtoras-incorporadoras são de natureza predominantemente comercial.

De modo geral, embora um mesmo projetista possa acabar sendo contratado para o desenvolvimento de diferentes obras de uma mesma construtora, essa aparente fidelidade com a mesma dificilmente engloba um verdadeiro intercâmbio técnico, com o correspondente acompanhamento das obras, ou a proposição de soluções no próprio canteiro, ou até a participação do próprio projetista no desenvolvimento das práticas produtivas implementadas pela construtora.

Portanto, pode-se afirmar que na realidade brasileira, como não existe uma continuidade dos ciclos de produção de edificações e predominam as empresas de pequeno e médio porte, a manutenção de equipes permanentes de projetistas significa um investimento que a grande maioria das empresas não consegue sustentar.

Assim sendo, acaba tornando-se constante a contratação de projetistas autônomos ou de micro-empresas de projeto, e ainda mais grave, quase sempre com base na tomada de preços, deixando quase sempre de lado questões que tenham a ver com a qualidade e a integração entre os diversos projetos contratados, e entre estes projetos e o sistema de produção da construtora.

Nesse contexto, os escritórios de projetos e respectivos projetistas desenvolvem trabalhos voltados, sobretudo, para o atendimento de exigências legais (aprovação de projetos nos órgãos urbanos). Dessa forma, o serviço que se desenvolve é claramente insuficiente face às novas necessidades competitivas relacionadas com as atividades de construção-incorporação de edificações e, desse modo, à questão da produtividade em obra e suas relações, em especial no que diz respeito ao desperdício de materiais e geração de entulho.

A construtibilidade é, de acordo com Franco, L.S. e Agopyan, V. (1993), e dentre os princípios empregados para o desenvolvimento dos projetos, aquele que embasa grande parte das medidas de racionalização do processo construtivo.

Construtibilidade é definida pelo Construction Industry Institute (CII, 1986) do seguinte modo: "...o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo, para se atingir os objetivos globais do empreendimento".

Já Silva, C.E.S. e Guimarães, S.M. (2006), definem construtibilidade como a integração do conhecimento e experiência construtiva durante as fases de concepção, planejamento, projeto e execução da obra, tendo por objetivo simplificar as operações construtivas, através do pleno conhecimento da tecnologia construtiva que deverá ser adotada no empreendimento.

Para os referidos autores, a incorporação dos princípios de racionalização construtiva e construtibilidade de projetos evidenciam a necessidade de se reformular a

maneira como os projetos vêm sendo conduzidos, ou dito de outro modo, gerenciados. O princípio básico da construtibilidade na gestão de projeto, é procurar adequar o mesmo à realidade da sua futura construção, englobando todas as etapas do processo construtivo (concepção, construção e uso).

Tomando a construtibilidade como conceito e ferramenta para a gestão de projeto, ela associa-se a diversos procedimentos de gestão e de acompanhamento do mesmo, quais sejam as revisões dos seus aspectos construtivos, a análise da concepção do projeto, a otimização dos processos ou dos métodos construtivos, e a utilização de processos construtivos mais eficientes.

Desse modo, deve-se destacar que uma das diretrizes mais eficientes para obtenção da qualidade no projeto, qualidade essa tão requisitada pelas construtoras, é a implementação das medidas de racionalização construtiva e construtibilidade na fase de projeto.

Para Silva, C.E.S. e Guimarães, S.M. (2006), e de acordo com os princípios da construtibilidade, os projetos deverão ser concebidos em concordância entre todos os projetistas envolvidos e também equipes de execução, compatibilizando-os com o objetivo de obter o desenvolvimento de sequências construtivas, padronização dos materiais, acessibilidade aos locais de trabalho, liberação das montagens em qualquer sequência executiva, eliminação de embutimentos e sobreposições de elementos construtivos, uso de materiais convencionais, e usos de materiais locais, requerendo mão-de-obra que possa ser facilmente encontrada.

Pode-se afirmar, de uma maneira geral, que é importante que haja mais tempo para projetar e planejar as obras, mesmo que seja um facto que isso não aconteça na esmagadora maioria das vezes.

Gradualmente, no entanto, e sobretudo com a legalização das Parcerias Público Privadas (PPP) no Brasil, empresas construtoras começam a investir mais tempo no estudo do empreendimento e respetiva viabilidade. Com isso, passam a analisar todas as etapas construtivas das obras, pois nesse tipo de contratação a empresa privada é responsável por praticamente todas as fases do projeto, incluindo elaboração dos projetos conceitual, básico e executivo, e conseqüente planejamento e construção. Isso acaba maximizando a produtividade e minimizando a geração de resíduos. A questão é que essas são obras de grande envergadura, que não representam a esmagadora maioria dos empreendimentos do setor da construção civil no país.

Como conclusão, pode-se generalizar e afirmar que seja qual for o tipo de obra, além da elaboração detalhada do projeto, o acompanhamento e controle contínuo do cumprimento dos objetivos propostos, possibilitam a otimização da construção, com maior

produtividade e dentro dos prazos propostos, conseguindo-se uma menor geração de resíduos e, por consequência, lucro muito maior.

Para além das já referidas prioridades no gerenciamento dos resíduos de construção civil (não gerar ou evitar a geração, reduzir a geração, reutilizar, reciclar e proceder à adequada destinação final), vale a pena referir que antes de tudo o mais o procedimento começa por uma fase que relativamente poucas empresas ainda realizam e que é a de **estimar as quantidades de resíduos gerados.**

Esse é um desafio que vários pesquisadores têm levado a cabo, mas quase sempre na perspectiva da geração de resíduos no município, e não dentro do canteiro de obra.

Tavares, L.P.M. (2007), elaborou pesquisa onde se pretendia entre outros objetivos fazer uma estimativa da geração de resíduos de construção e demolição no município de Ituiutaba, Minas Gerais. A coleta de dados para se fazer essa estimativa foi feita através de relatórios fornecidos pela Prefeitura Municipal (Secretaria de Planejamento), e ainda através de entrevista informal com o funcionário da Secretaria de Obras responsável pela coleta de RCD depositados em pontos irregulares, e também com base nos dados e informações obtidos através de entrevistas com empresas coletoras de RCD.

A quantificação do resíduo de construção e demolição gerado na cidade de Ituiutaba foi realizada adotando-se indicadores da geração de RCD, de acordo com metodologia proposta por Pinto, T.P. (1999), e que são construídos a partir de três parâmetros: 1 - Estimativas de área construída e serviços executados; 2 - Movimentação de cargas por coletores; 3 - Monitoramento de descargas nas áreas utilizadas como destino dos RCD.

1 - Estimativa da quantidade de geração de RCD a partir das atividades construtivas e serviços executados de novas construções e acréscimo em construções: obteve-se através de dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Planejamento, a respeito das áreas de novas construções e áreas de acréscimos em construções e que estivessem regularizadas, através da aplicação da taxa de geração de resíduos por m<sup>2</sup> edificado sobre o total da área licenciada do município. De acordo com Pinto. T.P. (1999), a aplicação dessa taxa sobre o total da área licenciada dos municípios parte do pressuposto de que é muito pequeno o percentual de projetos aprovados que não são levados à concretização, estando a taxa na ordem de 150Kg/m<sup>2</sup> construído, e sendo esse valor definido com base nas seguintes estimativas: a) Massa estimada para as edificações executadas predominantemente por processos convencionais = 1200Kg/m<sup>2</sup>; b) Perda média de materiais nos processos construtivos, em relação à massa de materiais levados ao canteiro de obra = 25% (logo, igual a 0,25 x 1200Kg/m<sup>2</sup> = 300Kg/m<sup>2</sup>); c) Percentual de perda de materiais, removido como entulho, durante o transcorrer da obra = 50% (logo, igual a 0,50 x 300Kg/m<sup>2</sup> = 150Kg/m<sup>2</sup>)

2 - Estimativa da quantidade de geração de RCD a partir da movimentação de cargas por agentes coletores: foi realizada através de dados obtidos com entrevista estruturada aplicada a empresas caçambeiras do município, e também de dados fornecidos pelos funcionários da administração pública responsáveis pela coleta desses resíduos em pontos de deposições irregulares.

3 - Estimativa da quantidade de geração de RCD a partir do monitoramento de deposições clandestinas: acabou não sendo usada em função de dificuldades de natureza diversa.

A estimativa da provável quantidade de geração total dos RCD no município de Ituiutaba foi feita com base então apenas nos critérios 1 e 2. A quantidade de geração total de RCD pelo parâmetro das áreas licenciadas do município é a somatória da massa gerada pelas áreas licenciadas de novas edificações, da massa gerada em acréscimos em construções existentes, da massa gerada em reformas e da massa coletada pela administração pública.

Pelo parâmetro do movimento de cargas por coletores, a quantidade de geração total de RCD é a somatória da massa coletada pelas empresas caçambeiras e da massa coletada pela administração pública.

De acordo com Pinto, T.P. (1999), o uso de apenas dois parâmetros de informações, neste caso correspondentes aos critérios 1 e 2, puderam também ser adotados em alguns outros municípios brasileiros pesquisados, permitindo a configuração de um método de quantificação e qualificação de resíduos de construção e demolição seguro, aplicável a qualquer município com registros rotineiros da construção licenciada, e os resultados dessas verificações apontam números sólidos que referenciam um patamar mínimo quanto à geração de RCD em áreas urbanas.

As metodologias seguidas e os resultados, no que se refere às estimativas de geração de resíduos, variam no entanto de autor para autor, não se podendo dizer que existam procedimentos normalizados para este propósito.

Assim, Carneiro, F.P. (2005), analisou a geração de resíduos de construção e demolição em Recife, ao acompanhar empresas geradoras desse tipo de resíduos, e chegou a uma estimativa de 1.142,4 t/dia. Considerou que o mês possuía 26 dias úteis e multiplicou pelos 12 meses do ano, estimando a geração de 356.428,8 t/ano.

No que se refere à participação dos diversos tipos de fontes geradoras dos resíduos no total coletado, chegou à conclusão que a maior parte dos resíduos era gerada pelas construções de prédios multipisos, responsáveis por 57% do total coletado, seguidas pelas obras de reformas e ampliações térreas (17%) e pelas construções de residências térreas, com 10%.



Em outros municípios, no entanto, a metodologia empregue pela autora poderia não apresentar resultados coerentes, uma vez que Pinto, T.P. e Gonzáles, J.L.R. (2005), por exemplo, estimaram que o percentual de geração de RCD em demolições e reformas girasse em torno de 58,6%, enquanto em construções novas era de aproximadamente 41,4%.

Já Bernardes, A. e outros (2008), estimaramram a geração de resíduos da construção e demolição no município de Passo Fundo (RS), com base nos dados de coleta de RCD pelo município, excluindo os serviços de limpeza de terrenos, e entrando com o número total de habitantes indicado pelo IBGE. Os autores estimaram uma geração de cerca de 200 kg/hab/ano, ou 0,55 kg/hab/dia.

Também na região sul do Brasil, no município de Blumenau (SC), Sardá, M.C. (2003), estimou a quantidade gerada de resíduos de construção e demolição a partir de informações sobre o número de licenças para construir novas edificações e realizar reformas e demolições, além de controlar também a quantidade de RCD que caminhões levaram ao aterro municipal durante o ano de 2002. Compilou esses dados em conjunto com o número de habitantes, e adotou diferentes índices de geração para cada caso, atribuindo às reformas e demolições os maiores percentuais de geração de RCD. Chegou ao valor per capita de 1,22 kg/hab./dia para a geração de resíduo da construção e demolição em Blumenau. Em confronto com outros estudos, pode-se observar que esse valor é um pouco superior ao dobro do estimado para outros municípios do Sul do Brasil.

Muitas vezes, as pesquisas acabam avaliando apenas os resíduos transportados por empresas que estejam licenciadas nas respectivas prefeituras, ou os resíduos coletados pelo órgão municipal responsável pelo pequeno gerador. Além disso, os estudos são independentes, e cada autor acaba seguindo uma metodologia própria e aplicada em épocas diferentes também. Isso, inevitavelmente degenera em resultados com variações significativas.

Além de ser oportuno realizar uma prévia estimativa dos resíduos de construção e demolição, torna-se necessário proceder à sua **caracterização**. Isso significa medir as quantidades obtidas de fato, no real, e não as estimadas, bem como identificar as várias frações, separando-as por tipos.

A caracterização dos resíduos de construção e demolição, é feita então com o objetivo de descrever e identificar os principais materiais encontrados, em função das características das diferentes frações da composição. Com a identificação dos componentes do RCD, verifica-se se é possível a reutilização e/ou reciclagem, visto que o potencial para a reciclagem é diretamente relacionado à proporção da fração mineral que constitui o RCD.

No entanto, e uma vez mais, os métodos propostos para caracterização de resíduos de construção civil que são descritos na esmagadora maioria das pesquisas acadêmicas, são desenvolvidos na perspectiva municipal, e não tanto numa perspectiva mais “micro”, que é a perspectiva do canteiro de obra.

Marques Neto, J.C. (2005), sugere então uma metodologia para proceder à caracterização dos resíduos de construção e demolição, que segue as seguintes etapas: 1 - seleção de 4 caçambas de 5m<sup>3</sup> cada, de origens diferentes, descarregadas em aterro sanitário; 2 - coleta de quatro amostras de 20 litros de cada caçamba selecionada; 3 - medição do volume e massa para o cálculo da massa unitária; 4 - **união** das quatro amostras em uma única amostra de 80 litros, por caçamba amostrada, obtendo a amostra representativa; 5 - separação dos componentes da amostra representativa; 6 - medição da massa para processo de caracterização qualitativa; 7 - **somatório** das quatro caçambas amostradas, com total de 320 litros amostrados e considerando esta a amostra representativa da composição dos RCD; 8 - cálculo da massa unitária; 9 - cálculo percentual da composição dos materiais contidos nos RCD.

Caracterizar os resíduos de construção e demolição, à luz da legislação vigente no Brasil, significa determinar as quantidades, os percentuais, de resíduos de cada uma das quatro classes definidas na resolução CONAMA nº 307/2002, existentes num determinado volume total de RCD, seja por procedimentos empíricos, seja lançando mão de modelos estatísticos de amostragem.

A característica que representa, talvez, a diferença fundamental entre a abordagem do problema dos resíduos de construção civil, quando encarada na perspectiva da municipalidade, ou quando encarada pelo contrário na perspectiva do canteiro de obra, ou pelo menos daquilo que deveria ser o correto gerenciamento de RCC/RCD em canteiro de obra, é a **coleta seletiva (coleta e triagem)**.

Efetivamente, a maioria dos municípios é confrontada com uma realidade que é a de encontrar os resíduos de construção e demolição provenientes das obras todos misturados, em caçambas, e daí a triagem acaba sendo realizada de uma forma que já é bem afastada daquela que deveria ser, em estações de triagem externas aos canteiros. E esse é um marco divisor no problema, pois depois que os RCD saem do canteiro sem que tenham sido previamente segregados/triados dentro dos seus limites, é impossível que a qualidade dos resíduos possa vir a ser a mesma, numa perspectiva de possível reutilização ou reciclagem.

A coleta seletiva nos canteiros de obras, da mesma forma que é feita para os resíduos sólidos urbanos (RSU), é uma das principais ações efetivas, para a gestão do entulho que nestes se produz.

A viabilização da coleta seletiva envolve o desenvolvimento de um plano de gerenciamento de resíduos em cada obra, o qual deverá incluir obrigatoriamente:

- ✓ A conscientização e sensibilização da mão-de-obra;
- ✓ A introdução de rotinas de segregação/armazenamento dos resíduos e a organização dos seus fluxos.

Com base na Resolução CONAMA 307/2002, as empresas que desenvolvem a coleta seletiva/triagem, têm como meta, principalmente, diminuir o volume do resíduo a ser encaminhado.

A educação ambiental dos funcionários é um dos instrumentos básicos indispensáveis nos processos de gerenciamento dos resíduos, e como tal, nos procedimentos de coleta seletiva/triagem. Nesse sentido, o objetivo principal das empresas que realizam essa etapa do gerenciamento de RCD é o de capacitar cada um dos trabalhadores como um co-responsável pelo gerenciamento das ações implementadas nos canteiros.

✓ Os principais aspectos que devem ser observados na implementação desses programas de educação ambiental são:

- ✓ a contextualização da crise ambiental e os impactos ambientais gerados pela indústria da construção civil;
- ✓ a responsabilidade de todos os envolvidos na construção de determinado empreendimento e a aceitação de novas propostas para solucionar e/ou otimizar medidas já implantadas;
- ✓ o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nos canteiros de obras e as características principais de cada um desses materiais;
- ✓ a importância da coleta seletiva dentro do contexto de gerenciamento de RCC;
- ✓ as vantagens e benefícios, diretos e indiretos aos trabalhadores e ao meio ambiente.

Depois de realizada a conscientização e sensibilização da mão-de-obra, é preciso definir diretrizes para preparação do canteiro de obra de modo a viabilizar a coleta seletiva dos resíduos.

Segundo Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), as rotinas a serem introduzidas nos canteiros de obra têm por objetivo, principalmente, garantir condições para que os procedimentos de segregação e armazenamento possam ser realizados de forma eficaz, possibilitando que os resíduos possam ser coletados seletivamente e transportados, conforme a classe dos resíduos, para os locais previamente definidos.

O princípio norteador da segregação dos resíduos na fonte, no local e no momento de sua geração deve fundamentar o planejamento dos procedimentos que viabilizem a coleta seletiva.

Assim, e de acordo com a Resolução CONAMA 307/2002, a triagem deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas na tabela da figura 299.

| Tipo de RCC | Definição  | Exemplos   | Destinações   |
|-------------|--|--|---|
| Classe A    | Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados   | - resíduos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;<br>- resíduos de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;<br>- resíduos oriundos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras. | Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. |
| Classe B    | São os resíduos recicláveis para outras destinações  | - Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;   | Reutilização/reciclagem ou encaminhamento às áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.                                       |
| Classe C    | São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação | - produtos oriundos do gesso   | Armazenamento, transporte e destinação final conforme normas técnicas específicas.  |
| Classe D    | São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção   | - tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.  | Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas.  |

Figura 299 – Classificação dos RCC segundo a Resolução 307/2002 CONAMA  
(Fonte: Lima e Lima, 2012)

A segregação deve ser realizada nos locais de origem dos resíduos, logo após a sua geração. Para isso devem ser feitas pilhas próximas a esses locais, sendo depois os respectivos resíduos transportados para os seus locais de acondicionamento.

No final de cada dia de trabalho, ou no término de um serviço específico, deve ser feita a segregação de preferência por quem fez o serviço, com o objetivo de que seja assegurada a qualidade do resíduo (não haver contaminações), potencializando assim a sua reutilização ou reciclagem.

Esta prática contribuirá para a manutenção da limpeza da obra, evitando materiais e ferramentas espalhadas pelo canteiro, o que poderia gerar a contaminação entre os

resíduos, para além de desorganização, aumento do número de acidentes no trabalho e acréscimo de desperdício de materiais e ferramentas.

Uma vez segregados, os resíduos devem ser adequadamente acondicionados, em depósitos distintos, para que possam ser aproveitados numa futura utilização no canteiro de obras ou fora dele, evitando assim qualquer contaminação do resíduo por qualquer tipo de impureza que inviabilize sua reutilização.

Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), referem que a contaminação do resíduo compromete a sua reutilização e, em alguns casos, inviabiliza mesmo o seu posterior aproveitamento, dificultando o gerenciamento, sendo que ao contrário a segregação bem realizada assegura a qualidade do resíduo.

Afirmam ainda os autores que é de fundamental importância que os funcionários sejam treinados e se tornem conhecedores da classificação dos resíduos, não só para executarem satisfatoriamente a segregação dos mesmos como também pela importância ambiental que essa tarefa representa.

Nesse processo, a comunicação visual na obra é primordial, pois a sinalização informativa dos locais de armazenamento de cada resíduo serve para alertar e orientar os funcionários, lembrando-lhes sempre sobre a necessidade da separação correta de cada um dos resíduos gerados.

A prática da segregação não é uma tarefa difícil, até porque a geração dos resíduos na obra acontece separadamente, em fases distintas, e os mesmos são coletados e armazenados nos pavimentos temporariamente, propiciando a adoção de procedimentos adequados para a limpeza da obra.

No que se refere ao acondicionamento dos resíduos, existem duas normas federais que definem a forma como o mesmo deve ser realizado.

Assim, segundo a NBR 11.174, de julho de 1990, a qual explicita como deve ser feito o armazenamento dos resíduos das classes II e III (estes classificados como classe IIB pela NBR 10.004/2004), o armazenamento dos resíduos deve acontecer de forma a não possibilitar a alteração de sua classificação, e também de maneira a que sejam minimizados os riscos de danos ambientais. Para além disso, estes resíduos não devem, de forma nenhuma, ser acondicionados juntamente com os de classe I, tendo em vista a caracterização da mistura resultante ser classificada como resíduo perigoso.

Para isso, o acondicionamento dos resíduos inertes e não inertes pode ser realizado em contêineres, tambores, tanques ou a granel, desde que garantidas as especificações recomendadas.



Figura 300 – Tambores de 200 litros para o descarte de materiais (Fonte: Scalone, 2013)

No que se refere aos resíduos **classe I**, a NBR 12.235, de abril de 1992, afirma que o armazenamento dos resíduos perigosos pode ser feito em contêineres, tambores ou a granel, levando-se em conta algumas considerações.

Para que se proceda ao acondicionamento em contêineres ou tambores, estes deverão, preferencialmente, ser locados em áreas cobertas, bem ventiladas e sobre uma base pavimentada com material que impeça a lixiviação e percolação de soluções contaminadas para o solo e águas subterrâneas.

No caso de se optar pelo armazenamento a granel, o armazenamento pode ser feito dentro de edificações ou fora delas, desde que possuam cobertura adequada para proteção contra as intempéries e que estejam sobre uma base impermeabilizada, evitando assim a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012) dividem a etapa de acondicionamento de resíduos em duas “sub-etapas”, a que chamam respectivamente de acondicionamento inicial e acondicionamento final.

Assim, e quanto ao primeiro deles, os autores começam por referir que após a segregação e ao término da tarefa ou do dia de trabalho, os RCC devem ser acondicionados em recipientes estrategicamente distribuídos até que se atinjam volumes tais que justifiquem o seu transporte interno para o depósito final, de onde sairão para a reutilização, reciclagem ou destinação definitiva. Afirmam ainda que os dispositivos de armazenamento mais usados hoje em dia são as bombonas, bags, baias e caçambas estacionárias, os quais deverão ser devidamente sinalizados, informando o tipo de resíduo que cada um acondiciona e tendo por objetivo a organização da obra e preservação da qualidade do RCC.

As bombonas são recipientes plásticos, normalmente azuis, com capacidade de 50L, e que servem sobretudo para depósito inicial de restos de madeira, sacos de embalagens plásticas, aparas de tubulações, sacos e caixas de embalagens de papelão, papéis de escritório, restos de ferro, aço, fiação, arames etc.



Figura 301 – Bombonas para o descarte de resíduos nos pavimentos (Fonte: Scalone, 2013)

Recomenda-se a utilização de sacos de rafia para o revestimento interno destas bombonas a fim de que o transporte dos resíduos até o armazenamento final se dê sem a necessidade do transporte das bombonas em si, evitando assim que se desperdice tempo ou cause desorganização no local de trabalho devido à falta de coletores.

As bags são muitas vezes sacos de rafia com quatro alças, e com capacidade aproximada de 1m<sup>3</sup>. Elas são geralmente usadas para armazenamento de serragem, EPS (isopor), restos de uniformes, botas, tecidos, panos e trapos, plásticos, embalagens de papelão etc.



Figura 302 – Bags para o descarte de resíduos (Fonte: Scalone, 2013)

Já as baias são depósitos fixos, normalmente construídos em madeira, com dimensões que variam e que se adaptam às necessidades de espaço. São mais usadas para depósito de restos de madeira, ferro, aço, arames, EPS, serragem etc.





Figura 303 – Baias para o descarte de resíduos (Fonte: Scalone, 2013)

As caçambas estacionárias são recipientes metálicos com capacidade de 3 a 5m<sup>3</sup> empregadas no acondicionamento final de blocos de concreto e cerâmico, argamassa, telhas cerâmicas, madeiras, placas de gesso, solo e etc.

Assim, nas caçambas, acaba até sendo mais usual a deposição de resíduos Classe A, já que são produzidos em grandes volumes. A justificativa é a de que as bags rasgam com esses materiais e no caso das baias haveria mais dificuldade para retirar do local e levar até o transporte para destinação final. As baias são adequadas para disposição de resíduos perigosos, madeira, ferro e materiais recicláveis, preferencialmente embalados por sacolas plásticas. É importante que as baias, bombonas, caçambas e bags estejam sempre sinalizadas para não ocorrer a mistura de resíduos.

Lima, R.S. e Lima, R.R.R (2012) referem também que o acondicionamento inicial deverá ser feito o mais próximo possível dos locais de geração dos RCC, sempre tomando em consideração o volume gerado e a boa organização do canteiro.



Figura 304 – Caçamba estacionária para o descarte de resíduos (Fonte: Dias, 2013)



No caso das obras de pequeno porte, após gerados, os RCC deverão ser coletados, e levados diretamente para o depósito de acondicionamento final, devidamente segregados.

Já quanto ao acondicionamento final, os autores referem que ele depende do tipo de resíduo, da quantidade gerada e de sua posterior destinação. Assim, para os resíduos que serão enviados para fora da obra, a localização dos depósitos deve ser estudada de tal forma a facilitar os trabalhos de remoção pelos agentes transportadores.

Alguns resíduos como restos de alimentos, respetivas embalagens, copos plásticos, ou papéis provenientes de instalações sanitárias, devem ser acondicionados em sacos plásticos e disponibilizados para a coleta pública, e os resíduos de ambulatório deverão atender à legislação pertinente.


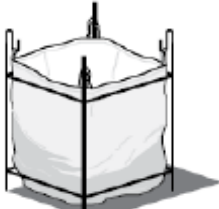
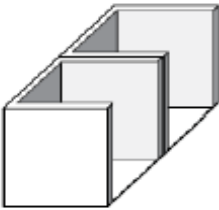
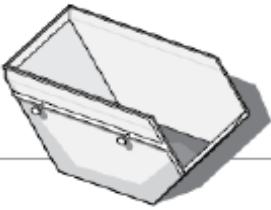
| Tabela 3: Dispositivos para acondicionamento |   |                          |  |   |
|--|---|--------------------------|--|---|
| Dispositivos/finalidades                     |   | Descrição                |  | Acessórios  |
| Bombonas                                     |   | Acondicionamento inicial | Recipiente plástico com capacidade para 50 litros. Originalmente utilizado para conter substâncias líquidas. Reutilizável como dispositivo para coleta após lavagem.                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Sacos de rafia</li> <li>2-Sacos de lixo simples (para resíduos orgânicos)</li> <li>3-Adesivos de sinalização</li> </ol>  |
| Bags   |  | Acondicionamento final   | Saco de rafia reforçado, dotado de quatro alças, revestimento interno para melhor acondicionamento dos resíduos e fita para amarração. Tem capacidade para armazenamento em torno de um m <sup>3</sup> . | <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Suporte de madeira ou metálico para encaixe e o uso contínuo dos big-bags</li> <li>2-Adesivos de sinalização</li> <li>3-Plaquetas para fixação dos adesivos</li> </ol> |
| Baias  |  |                          | Geralmente construída em madeira, e com dimensões compatíveis com a necessidade de armazenamento e com o espaço disponível em canteiro.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Adesivos de sinalização</li> <li>2-Plaquetas para fixação dos adesivos de sinalização, se necessário</li> </ol>  |
| Caçambas estacionárias                       |  |                          | Recipiente metálico com capacidade volumétrica de três a cinco m <sup>3</sup> .  | Recomendável o uso de dispositivo de cobertura (lona plástica, por exemplo) quando disposta em via pública.   |

Figura 305 – Tipos de recipientes para acondicionamento inicial e final (Fonte: Scalone, 2013)

Sobretudo em construções de grande altura, torna-se necessária a adoção de um sistema prático, rápido e eficaz de condução dos resíduos de construção e demolição desde os vários pavimentos onde eles são produzidos até o térreo. Dessa forma, os dispositivos

mais usados para esse propósito são os coletores verticais, muitas vezes também designados de dutos verticais.



Figura 306 – Coletor vertical de resíduos (Fonte: Scalone, 2013)

Esses coletores ou dutos verticais são um dos componentes de uma outra etapa do habitual gerenciamento de resíduos de construção e demolição, e que é a do transporte interno dos resíduos. No caso, e como já referido, trata-se do transporte interno vertical desde os vários pavimentos até o térreo, o qual também pode ser efetuado através de elevadores de carga, guias ou guinchos.

Já os transportes internos horizontais, seja ao nível dos vários pisos do edifício, seja no térreo, e de acordo com Lima e Lima (2012), são normalmente efetuados com o recurso a carrinhos de mão ou giricas. Em último caso o transporte faz-se manualmente, usando sacos, *bags* ou fardos.

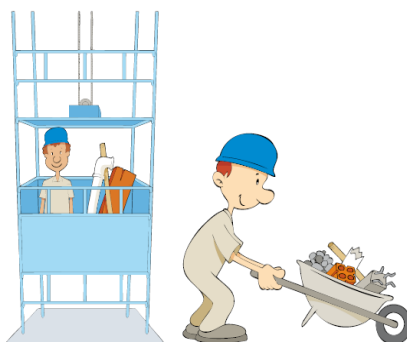


Figura 307 – Utilização de carrinhos de mão e elevadores de carga para transporte interno dos resíduos (Fonte: Lima e Lima, 2012)

Pinto, T.P. (2005) apresenta, em função dos vários tipos de materiais, as recomendações para transporte interno de resíduos que constam da figura 308.

| RESÍDUO   | TRANSPORTE INTERNO  |
|---|---|
| Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, concretos, tijolos. | HORIZONTAL:<br>Carrinhos e/ou giricas.<br>VERTICAL:<br>Condutor de entulho, elevador de carga ou grua.  |
| Madeira   | HORIZONTAL:<br>Grandes volumes – transporte manual dos fardos;<br>Pequenos volumes – transporte manual dos sacos de rafia.<br>VERTICAL:<br>Tanto para os grandes quanto para os pequenos volumes – elevadores de carga ou grua. |
| Plástico, papelão, papéis, metal, serragem e isopor                   | HORIZONTAL:<br>Transporte manual ou com carrinhos ou giricas;<br>VERTICAL:<br>Elevadores de carga ou grua.  |
| Gesso, placas acartonadas e artefatos                                 | HORIZONTAL:<br>Transporte manual ou com carrinhos ou giricas;<br>VERTICAL:<br>Elevadores de carga ou grua.  |
| Solos   | GRANDES VOLUMES:<br>equipamentos de escavação (pá-carregadeira, “bobcat”).<br>PEQUENOS VOLUMES:<br>Carrinho de mão e/ou giricas.  |

Figura 308 – Recomendações de transporte interno de resíduos (Fonte: adaptado de Pinto, 2005)

Tal como referido, a ordem de prioridades em procedimentos de gerenciamento de resíduos de construção e demolição começa por ser não gerar, reduzir a geração, reutilizar, reciclar, e dispor convenientemente.

A reutilização dos resíduos traz redução de custos para as empresas, já que em vez de terem que comprar novos materiais, elas acabam usando de novo os já existentes em obra, o que pode ser realizado sem comprometer a qualidade dos serviços. Dessa forma, acaba-se ainda conseguindo uma diminuição da extração de recursos naturais e menores impactos ambientais.

A hipótese de reutilização de materiais são várias. Assim, e segundo Cabral, A.E.B. e Moreira, K.M. (2011), os resíduos de classe A, mesmo que não sofram beneficiamento, podem ser reutilizados na obra em arruamentos, ou como materiais de aterro em zonas mais baixas. Alternativamente podem ser vendidos para serem utilizados no exterior na construção de camadas de base para rodovias. Se britados e segregados, esse tipo de materiais podem ser usados na produção de concreto asfáltico ou de concreto com agregados reciclados.

Segundo Tozzi, R.F. (2006) a madeira gerada na construção civil pode ser reutilizada como portas e janelas, ou ainda como materiais de apoio à própria obra, como *pallets* ou formas para estruturas.

Já a cartilha “Resíduos de Gesso na Construção Civil – coleta, armazenagem e destinação para reciclagem” da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (2009) refere que os resíduos de gesso podem ser vendidos para utilização no setor agrícola, onde o gesso pode ser usado para corrigir a acidez do solo, melhorando as características deste. Mesmo considerando que esse reuso é fora do canteiro de obras trata-se de um reuso importante, pois ameniza o problema de destinação dos resíduos de gesso.

Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), referem que a ideia da reutilização de materiais deve nortear o planejamento da obra desde a fase da concepção do projeto, o que permitirá, por exemplo, a adoção de escoramento e andaimes metálicos, os quais são totalmente reaproveitáveis até o final da obra.

Para os autores, o reaproveitamento dos materiais dentro do próprio canteiro segue as recomendações da Agenda 21, e é a forma de conseguir que os materiais que seriam descartados com custos financeiros e ambientais, retornem na forma de materiais novos e sejam re-incorporados na construção, evitando a retirada de novas matérias-primas do meio ambiente.

Para tal, deve-se atentar para as recomendações das normas regulamentadoras e observar seus procedimentos, para que os materiais estejam dentro dos padrões de qualidade por elas exigidos para a reutilização.

Com esse objetivo, as empresas podem estabelecer parcerias com laboratórios de ensaios tecnológicos ou Instituições de ensino, para realização de análises, ensaios e determinações dos traços que serão empregados na reutilização dos RCC.

Lima, R.S. e Lima, R.R.R (2012), propõem a listagem de tipos de resíduos gerados por etapa de obra, e correspondentes reaproveitamentos, que se apresenta na figura 309.

| FASES DA OBRA                | TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS            | POSSÍVEL REUTILIZAÇÃO NO CANTEIRO      | POSSÍVEL REUTILIZAÇÃO FORA DO CANTEIRO |
|------------------------------|--|--|--|
| LIMPEZA DO TERRENO           | SOLOS  | REATERROS                              | ATERROS                                |
|                              | ROCHAS, VEGETAÇÃO, GALHOS                          | -                                      | -                                      |
| MONTAGEM DO CANTEIRO         | BLOCOS CERÂMICOS, CONCRETO (AREIA; BRITA).         | BASE DE PISO, ENCHIMENTOS              | FABRICAÇÃO DE AGREGADOS                |
|                              | MADEIRAS   | FORMAS/ESCORAS/ TRAVAMENTOS (GRAVATAS) | LENHA                                  |
| FUNDAÇÕES                    | SOLOS  | REATERROS                              | ATERROS                                |
|                              | ROCHAS   | JARDINAGEM, MUROS DE ARRIMO            | -                                      |
| SUPERESTRUTURA               | CONCRETO (AREIA; BRITA)                            | BASE DE PISO; ENCHIMENTOS              | FABRICAÇÃO DE AGREGADOS                |
|                              | MADEIRA  | CERCAS; PORTÕES                        | LENHA                                  |
|                              | SUCATA DE FERRO, FÔRMAS PLÁSTICAS                  | REFORÇO PARA CONTRAPISOS               | RECICLAGEM                             |
| ALVENARIA                    | BLOCOS CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, ARGAMASSA    | BASE DE PISO, ENCHIMENTOS, ARGAMASSAS  | FABRICAÇÃO DE AGREGADOS                |
|                              | PAPEL, PLÁSTICO                                    | -                                      | RECICLAGEM                             |
| INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS | BLOCOS CERÂMICOS                                   | BASE DE PISO, ENCHIMENTOS              | FABRICAÇÃO DE AGREGADOS                |
|                              | PVC; PPR   | -                                      | RECICLAGEM                             |
| INSTALAÇÕES ELÉTRICAS        | BLOCOS CERÂMICOS                                   | BASE DE PISO, ENCHIMENTOS              | FABRICAÇÃO DE AGREGADOS                |
|                              | CONDUITES, MANGUEIRA, FIO DE COBRE                 | -                                      | RECICLAGEM                             |
| REBOCO INTERNO/EXTERNO       | ARGAMASSA  | ARGAMASSA                              | FABRICAÇÃO DE AGREGADOS                |
| REVESTIMENTOS                | PISOS E AZULEJOS CERÂMICOS                         | -                                      | FABRICAÇÃO DE AGREGADOS                |
|                              | PISO LAMINADO DE MADEIRA, PAPEL, PAPELÃO, PLÁSTICO | -                                      | RECICLAGEM                             |
| FORRO DE GESSO               | PLACAS DE GESSO ACARTONADO                         | READEQUAÇÃO EM ÁREAS COMUNS            | -                                      |
| PINTURAS                     | TINTAS, SELADORAS, VERNIZES, TEXTURA               | -                                      | RECICLAGEM                             |
| COBERTURAS                   | MADEIRAS   | -                                      | LENHA                                  |
|                              | CACOS DE TELHAS DE FIBROCIMENTO                    | -                                      | -                                      |

Figura 309 – Resíduos por etapa de obra e seu possível reaproveitamento (Fonte: adaptado de Lima e Lima, 2012)

Dentro da ordem de prioridades estabelecida no gerenciamento dos resíduos de construção e demolição, segue-se a reciclagem. A reutilização e reciclagem, no entanto, embora sendo procedimentos diferentes, aparecem intimamente interligadas no gerenciamento dos resíduos. Acresce que a reciclagem ainda pode ser encarada de duas formas, feita dentro do canteiro de obra ou no exterior. A opção por um processo ou outro acaba sendo uma questão de “escala econômica”.

Para Couto Neto, A.G. (2007), o uso mais praticado de RCC’s reciclados é na pavimentação, reduzindo significativamente a quantidade de resíduos. Afirma também o autor que esses materiais podem servir também em aplicações para controle de erosões, camadas drenantes e coberturas de aterros.

De acordo com Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), os agregados reciclados podem ser usados na produção de *pavers* para pisos, ou em bases para pisos de concreto sem função estrutural e na confecção de blocos de concreto.

De acordo com o CEMPRE (2010), a reciclagem é o resultado de uma série de atividades, pelas quais o material que seria destinado aos aterros, é reinserido no ciclo produtivo como matéria-prima, na manufatura de novos produtos.

Lima, J.A.R. (1999), afirma que a reciclagem de resíduos de construção apresenta grandes vantagens ambientais e econômicas, e que tem recebido um grande impulso no Brasil, através da implantação de usinas de reciclagem em municípios de médio e grande porte. Empresários têm-se interessado pelo assunto, analisando a possibilidade de recuperar resíduos de construção, seja individualmente ou através do estabelecimento de parcerias com prefeituras. Além disso, institutos de pesquisas e universidades têm estudado o uso de entulho reciclado, produzindo literatura técnica importante sobre essa matéria.

A britagem ou a trituração é a etapa principal da reciclagem dos RCD/RCC (classe A), da qual resultam os agregados reciclados. Os RCD/RCC podem ser britados uma vez ou mais, dependendo das dimensões e granulometria desejadas para os agregados.



Figura 310 – Confeção de caixas de gordura com agregados reciclados (Fonte: Lima e Lima, 2012)

Segundo Angulo, S.C. (2005), no Brasil, assim como em outros países, a reciclagem da fração mineral de RCD/RCC produz agregados que podem ser aproveitados para pavimentação, ou como material de enchimento em aterros. Já a utilização na fabricação de produtos à base de cimento como sejam o concreto, blocos e argamassas, é muito pequeno quando comparado com o uso em pavimentação.

Já Ulsen, C. (2006), faz notar que o uso de agregados reciclados na produção de argamassas e concretos tem subido consideravelmente nos últimos anos.

Pinto, T.P. (1986), realizou umadas primeiras pesquisas na área, estudando o uso de agregados reciclados na produção de argamassas. Observou que a resistência à compressão nas argamassas com agregado convencional não variava quando estes eram substituídos por agregados reciclados, desde que fossem considerados os mesmos traços cimento:cal:agregado convencional:resíduo.

No mesmo seguimento, Levy, S.M. (1997), verificou que o aumento na proporção de resíduos de material cerâmico aumentava a resistência à compressão e à tração da argamassa, para traços cimento: RCD:areia de 1:1,5:6.

Latterza, L.M. (1998), e no que se refere ao uso de RCD/RCC reciclados em concretos, estudou um concreto com uso da fração graúda proveniente de reciclagem na fabricação de painéis leves de vedação. De acordo com o autor, os resultados mostraram, sem margem para dúvidas, a viabilidade técnica e econômica na utilização de agregados graúdos em concretos de baixa e média resistência.

Para Angulo, S.C. (2005), é um dado adquirido que é viável o emprego dos agregados de RCD/RCC reciclados em concretos, inclusive da fração miúda. Apesar disso, as normas para uso de agregados de RCD/RCC reciclados em concretos, ainda não são facilmente aplicáveis em usinas de reciclagem de entulho devido a:

- ✓ Heterogeneidade da composição do RCD/RCC e variabilidade das propriedades dos agregados reciclados
- ✓ Falta de controle das operações de processamento;
- ✓ Quantificação de fases no material por análise visual, a qual, por ser subjetiva, não garante a homogeneidade do material e não apresenta uma relação clara com seu desempenho.



Figura 311 – Confeção de *pavers* com agregados reciclados (Fonte: Lima e Lima, 2012)

Ademais, Lopes, L.R. (2005), declara que ainda são necessários estudos acerca das patologias em concretos produzidos com RCD. Segundo ele, uma das patologias mais usuais do concreto é a fissuração, a qual tende a ser mais grave nos concretos com agregados reciclados.

Lopes, L.R. (2005), refere ainda que as fissuras em peças de concreto podem acontecer devido à maior absorção de água dos agregados reciclados, motivada pelo excesso de finos neles encontrados. Desse modo, o seu estudo tem uma importância



fundamental para que a comunidade técnica consiga solucionar problemas relacionados às patologias desses produtos.

Affonso, F.J.A. (2005), afirma que, mesmo sendo importantes, as opções para reutilização de agregados reciclados em pavimentação, execução de camadas de base e sub-base, ou como agregados para concreto, não vão esgotar a produção dos RCD/RCC nas cidades. O pesquisador afirma ainda acreditar que os RCD/RCC possam ser usados em outras aplicações na engenharia, como seja nas camadas drenantes que se descrevem a seguir:

✓ Camadas drenantes em aterros sanitários de resíduos sólidos, com melhorias nos sistemas de drenagem pela possibilidade de uso em camadas maiores e mais bem graduadas;

✓ Camadas capazes de absorver água em um primeiro impacto, em chuvas de grande tempo de recorrência. Neste caso, a grande porosidade que se verifica em RCD's de granulometria mais grossa (agregados nº 2, nº 3 e nº 4) poderia torná-los uma boa opção em áreas onde historicamente haja dificuldade de escoamento em caso de grandes precipitações;

✓ Elemento de filtro de fossas sépticas individuais ou coletivas;

✓ Elementos de dreno em trincheiras e valas, para melhorar o fluxo de águas pluviais sobre grandes áreas e/ou drenagem em áreas alagadas;

✓ Elemento substitutivo em estacas de brita para acelerar recalques e melhorar a capacidade de carga em depósitos de solos moles;

✓ Elemento de valas subterrâneas para irrigação, eliminando a evaporação dos canais a céu aberto;

✓ Elemento de base filtrante em estações de tratamento de água e esgoto.



Figura 312 – Confeção de blocos com agregados reciclados (Fonte: Lima e Lima, 2012)



Silveira, P.E.M. (2005), pesquisou também sobre outra aplicação dos resíduos de construção e demolição, especificamente no compósito solo-cimento. Segundo ele, a utilização do solo-cimento com uso de RCD/RCC reciclado, além de contribuir para a diminuição da geração dos entulhos, significa uma alternativa importante na construção de moradias populares, e ainda, na pavimentações de baixo custo em bairros periféricos.

Uma outra aplicação para o resíduo de construção e demolição reciclado, referida por Santos, E.C.G.S. (2007), é no uso em estruturas de solo reforçado. De acordo com o autor, o benefício econômico dessas estruturas, fica muitas vezes limitado, sobretudo, pelas especificações de projeto quanto ao tipo de solo a ser utilizado na confecção das camadas do aterro reforçado.

Para Santos, E.C.G.S. (2007), como no nosso país não existe recomendação a respeito dos tipos de solos a serem empregados em especificações de obras públicas, isso levanta uma interessante possibilidade no uso de resíduos de construção e demolição reciclados, como material de aterro em obras de solo reforçado.

Já para Carrijo, P.M. (2005), se forem obtidos agregados reciclados com comportamentos mais homogêneos, isso poderá permitir a utilização desses materiais em situações de maior responsabilidade, uma vez que o seu comportamento já terá sido estimado.

Segundo Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), no Brasil, onde 90% dos resíduos produzidos pelas obras são passíveis de reciclagem, e se for levada em consideração a sua contínua geração, a reciclagem dos RCD/RCC torna-se de fundamental importância ambiental e financeira, no propósito de que os referidos resíduos retornem para a obra em substituição a novas matérias-primas extraídas do meio ambiente.



Figura 313 – Agregados reciclados após beneficiamento dos RCD/RCC (Fonte: Marques Neto, 2005)

De acordo com os autores, trata-se de uma atividade que deverá ser prioritariamente realizada no próprio canteiro, podendo no entanto também executar-se fora da obra. Assim, o ideal seria que a reutilização e reciclagem dos RCD/RCC na obra fossem uma prática constante e perfeitamente rotineira no dia a dia das empresas construtoras, como parte integrante do planejamento e execução das mesmas. Porém, no nosso país essa prática ainda é vista como uma sobrecarga de trabalho, ou até mesmo como um obstáculo para o bom desenvolvimento dos trabalhos e respectivos prazos.

Por outro lado e segundo eles, o uso de agregados produzidos a partir de reciclagem ainda é considerado como um fator negativo para a qualidade técnica dos trabalhos, o que mostra bem a baixa flexibilidade da indústria da construção civil sobretudo no que se refere à pesquisa e à aceitação de novas tecnologias que aparentemente não se traduzam em grandes vantagens financeiras, conquanto o sejam sob a perspectiva ambiental.

Para Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), e embora os primeiros registros sobre experiências de reciclagem de RCC no Brasil datem de 1997, até hoje são ainda incipientes os trabalhos com esse propósito no setor da construção civil, sobretudo no que diz respeito à reciclagem realizada dentro do canteiro de obra, donde eles concluem que a questão ambiental, por ela mesma, não é um motivo suficientemente motivador para que essas experiências sejam incorporadas no cotidiano das construções.

A verdade é que esse assunto parece despertar maior interesse na Academia do que na prática das obras, o que não deveria acontecer, já que a reutilização e reciclagem de RCD/RCC dentro do canteiro de obras apresenta múltiplas vantagens para as empresas construtoras, como sejam a redução do volume de resíduos a descartar, a redução do consumo de matérias extraídas diretamente da natureza – por exemplo a areia e a brita -, a redução dos acidentes de trabalho, com obras mais limpas e organizadas, a redução do número de caçambas retiradas da obra, melhorias na produtividade, a não responsabilidade por passivos ambientais, o atendimento aos requisitos ambientais em programas como o PBQP-H, o Quali-Hab e a ISO 14.000, ou o diferencial positivo na imagem da empresa junto ao público consumidor.

Como já referido anteriormente, uma outra hipótese, a mais usual no nosso país até, é a reciclagem fora dos canteiros de obras, a qual acontece em centrais de reciclagem.

Segundo Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), e citando dados do IBGE do ano de 2000, apenas doze dos 5.507 Municípios brasileiros (0,2%) possuíam Centrais de Reciclagem de RCC em operação.

Embora não seja esse o foco da presente tese, deve-se referir que a instalação de centrais de reciclagem nos municípios começa por ser antes de tudo o resto uma decisão de

caráter econômico, onde devem ser tomadas em consideração as vantagens econômicas e os custos de instalação desse tipo de equipamentos.

Refira-se apenas a esse propósito que, Stevanato, S. (2005), desenvolveu um estudo sobre a implantação de uma usina de reciclagem na cidade de Bauru-SP, com uma capacidade aproximada de 23 a 35 toneladas por hora, chegando à conclusão de que a substituição de agregados graúdos e miúdos naturais por reciclados moídos se mostrava bastante vantajosa sob o aspecto de custo de produção, podendo-se afirmar que a cada cinco anos seria possível renovar todo o equipamento inicial e se implantar uma nova unidade, tempo de retorno reduzido se considerado o investimento inicial médio de R\$ 930.000,00.

Um outro estudo realizado por Jadovski, I. (2005), sobre a viabilidade econômica para a implantação de usinas de reciclagem tanto na esfera pública quanto na esfera privada, para usinas com capacidades de 30, 40, 50 e 75 toneladas por hora (t/h), conclui que para usina com capacidade de até 50 t/h, esse investimento se torna inviável para as empresas privadas, e que para as usinas de capacidade de 75 t/h, embora sendo necessário um estudo mais específico, pode-se afirmar que os tempos de retorno do investimento andarão na ordem dos 11 a 14 anos.

O número de estudos dessa natureza não é abundante, e as próprias variáveis na consideração do problema variam de caso para caso. Isso dificulta quaisquer tipos de conclusões definitivas que se queiram tomar sobre o assunto. Ainda assim, e pelo baixo número dessas unidades de reciclagem implantadas em municípios brasileiros, pode-se deduzir que os estudos econômicos de agentes privados apontem para a inviabilidade econômica de sua implantação, na maioria dos casos, e obviamente dentro do panorama econômico atual.

Entende-se, que se houvesse realmente um grande atrativo econômico em termos de rentabilidade, muitas mais usinas de reciclagem geridas até pela iniciativa privada estariam implantadas pelo país fora.

O tipo de análises econômicas referidas ilustra bem o dilema na adoção de projetos para a reciclagem de materiais, principalmente no que se refere à instalação de usinas de reciclagem de RCD's. Pode-se com alguma segurança afirmar que, na maioria das situações e num primeiro momento, apenas o poder público tem condições econômicas de partir para a instalação da maior parte desses equipamentos, os quais apresentam ainda assim investimentos com algum risco para agentes privados.

Comparando com outros países, principalmente na Europa, EUA e Japão, pode-se afirmar que o nosso país ainda demonstra algum atraso no que à questão da reciclagem de RCD/RCC diz respeito.

Assim, enquanto que o Japão, segundo Pinto, T.P. (1999), e seguindo as diretrizes da sua Lei de Reciclagem, no ano de 1988 já reciclava 22% dos seus RCD/RCC, e em Tóquio, no ano de 1991, já existiam 12 usinas de reciclagem, no Brasil apenas nesse mesmo ano era instalada a primeira central para esse efeito.

Por outro lado, e ainda de acordo com Pinto, T.P. (1999), a Holanda e a Dinamarca, no início da década de 1990, reciclavam já 60% dos seus RCD/RCC.

O Reino Unido, na mesma época, abastecia 10% do mercado de agregados com produtos reciclados, e tinha por meta ampliar essa taxa, em função do considerável potencial do mercado.

Em meados da década de 1990, estimava-se que existissem nos EUA cerca de 1.800 usinas de reciclagem operando, sendo que aproximadamente 1.000 delas processavam asfalto, 500 processavam madeira, e 300 operavam com resíduos misturados.

Já no Brasil, e segundo Nunes, K.R.A. (2004), existiam à época dezesseis usinas de reciclagem distribuídas do seguinte modo:

- ✓ Belo Horizonte (MG) – 2 usinas;
- ✓ Brasília (DF) – 2 usinas;
- ✓ Goiânia (GO) – 1 usina;
- ✓ Guarulhos (SP) – 1 usina;
- ✓ Londrina (PR) – 1 usina;
- ✓ Macaé (RJ) – 1 usina;
- ✓ Piracicaba (SP) – 1 usina;
- ✓ Ribeirão Pires (SP) – 1 usina;
- ✓ Ribeirão Preto (SP) – 1 usina;
- ✓ Salvador (BA) – 1 usina;
- ✓ São José do Rio Preto (SP) – 1 usina;
- ✓ São José dos Campos (SP) – 1 usina;
- ✓ São Paulo (SP) – 1 usina;

- ✓ Vinhedo (SP) – 1 usina.

Importa salientar que, para além das grandes usinas de reciclagem, com capacidades operacionais em torno das 100 toneladas/dia de material reciclado, existem pequenos equipamentos de beneficiamento de entulhos que podem ser instalados nos canteiros de obra das empresas construtoras. Equipamentos mais “artesanal”, digamos assim.

O uso desse tipo de equipamentos começou por volta da década de 1980, através da instalação em obra dos chamados “moinho-argamassadeira”. Eles eram constituídos essencialmente por uma caçamba de piso horizontal, dois rolos moedores e dois misturadores.

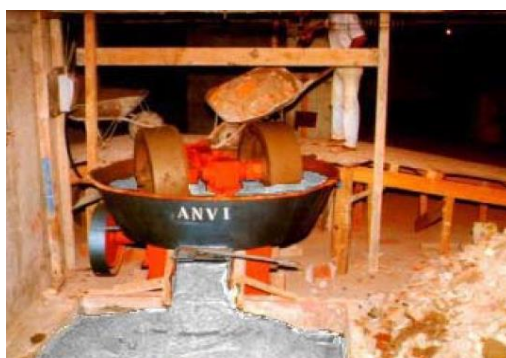


Figura 314 – Moinho-argamassadeira (Fonte: Rocha, 2006)

A instalação de centrais de reciclagem de maior porte proporciona no entanto materiais reciclados de melhor qualidade.

De acordo com Monteiro e outros (2001), quando se avalia a necessidade de instalação de uma usina de reciclagem para entulhos numa determinada região, três fatores devem ser considerados:

Densidade populacional: é necessária uma elevada densidade populacional de modo a assegurar um constante suprimento de resíduos, os quais servirão de matéria-prima para a central de reciclagem;

Obtenção de agregados naturais: quanto maior for a escassez ou a dificuldade de acesso a jazidas de agregados naturais, tanto mais esse facto favorece a instalação de usinas de reciclagem de entulho, desde que seja empregado um alto nível de tecnologia. Não significa que a abundância ou o fácil acesso a jazidas inviabilizem por si só a reciclagem do entulho proveniente das obras, mas normalmente por questões econômicas acabam levando à aplicação de baixos níveis tecnológicos nesses processos.

Nível de industrialização: ele influencia diretamente a necessidade e a conscientização de uma sociedade em reciclar o seu entulho. Assim, em áreas densamente povoadas, questões de natureza social e sanitária conduzem à redução do volume de resíduos que devam ser levados aos aterros.

As usinas de reciclagem de entulhos que existem espalhadas por todo o mundo, inclusive no nosso país, constituem-se de equipamentos muito similares aos usados na produção de agregados naturais, os quais normalmente são derivados dos que se empregam na indústria mineradora.

Segundo Carneiro e outros (2001), tais usinas podem ser classificadas em função dos critérios e do rigor utilizados na eliminação dos contaminantes, do seguinte modo:

Usina de 1ª geração – necessita de elementos que consigam eliminar metais (são as mais comuns no Brasil);

Usina de 2ª geração – similar à anterior, mas com sistemas preliminares (mecânicos ou manuais) de eliminação de contaminantes, como a limpeza e classificação do material, seja por via seca ou por via úmida;

Usina de 3ª geração – visa à remoção praticamente integral de todos os materiais secundários, considerados como contaminantes do agregado reciclado.

Outros critérios podem ser usados para a classificação das usinas de reciclagem. Assim, e segundo a possibilidade de se movimentarem ou não as centrais de reciclagem podem ser classificadas em fixas ou em móveis, sendo que as fixas são mais indicadas quando é exigido maior controle do respetivo impacto ambiental, e as móveis preferencialmente usadas em regiões onde a quantidade de material a reciclar, mesmo sendo contínua, não atinja grandes montantes.

Esses equipamentos que se utilizam em processos de reciclagem constituem-se normalmente de: pás carregadeiras, alimentadores vibratórios, britadores, eletroimã para segregação das ferragens, peneiras, equipamentos transportadores e, eventualmente, sistemas de eliminação de contaminantes. No que respeita aos equipamentos de trituração, é normal empregar-se um dos seguintes tipos: britadores de impacto e britadores de mandíbula, sendo os últimos mais apropriados para a produção de agregados para concretos.

Para que se possa ter uma ideia geral do aspecto geral de uma usina de reciclagem de entulho, quer dos principais equipamentos que a compõem, apresentam-se a seguir as figuras 315, 316, 317, e 318.

Os tipos de plantas de reciclagem e equipamentos a serem usados devem ser escolhidos em função das características iniciais do entulho, bem como do seu grau de processamento e do uso que se pretenda dar ao material reciclado.

Assim, se se pretender usar o material reciclado na fabricação de concreto estrutural, o processo de reciclagem deverá ser mais rigoroso, para possibilitar a produção de um agregado com uma quantidade de contaminantes menor; caso se pretenda utilizar o material reciclado na execução de camadas de pavimentação, não deverá haver um rigor tão grande no processo de produção do referido agregado.

Outro aspecto fundamental e que deve ser levado em conta quando se toma a decisão de instalar uma central de beneficiamento de RCD/RCC é o de que, mesmo que o potencial de reciclagem do material seja muito alto, o entulho pode apresentar quantidade e composição bastante diferenciada em função:

- ✓ Do grau de desenvolvimento da construção local;
- ✓ Dos tipos de materiais disponíveis ou predominantes na região;
- ✓ Do desenvolvimento econômico da região;
- ✓ Da demanda por novas construções e desenvolvimento de construções especiais (metrô, esgotamento sanitário, etc).



Figura 315 – Vista geral da usina de reciclagem em Pampulha – BH (Fonte: Rocha, 2006)



Figura 316 – Usina de reciclagem em São José do Rio Preto (Fonte: Lima e Lima, 2012)

Existem situações e momentos específicos em que a implantação de unidades de reciclagem de RCD/RCC se pode dar por outros motivos, para além daqueles já referidos anteriormente.

Assim, seja no Japão ou em múltiplos países europeus, nomeadamente os escandinavos, o reduzido espaço territorial e a escassez ou mesmo inexistência de matérias-primas, somados a fortes exigências legais, condicionaram mais intensamente a necessidade de implantação dessas usinas.

Uma outra razão, esta de cariz histórico e seguramente das mais importantes, foi a ocorrência das duas grandes guerras mundiais, as quais levaram, em ambos os casos, ao acúmulo de milhares de toneladas de entulhos, os quais necessitaram ser retirados das grandes cidades para darem lugar a novas construções.

Além disso, temos também a ocorrência de certas catástrofes naturais, como sejam terremotos e furacões.

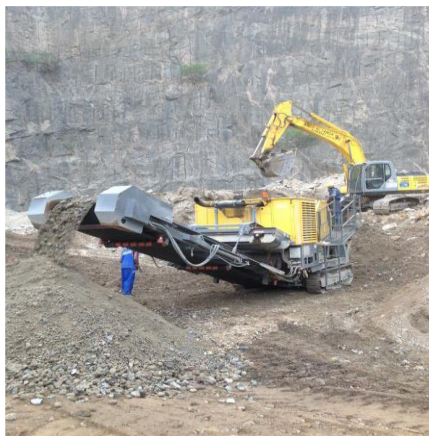


Figura 317 – Britador e escavadeira hidráulica operando em conjunto (Fonte: Mattos, 2013)

Segundo Monteiro e outros (2001), e analisando numa outra perspectiva, a implantação de centrais de beneficiamento de RCD/RCC justifica-se pelos bons resultados obtidos até agora. No Brasil, especialmente, tem vindo a ser adotada desde há alguns anos uma mudança na gestão dos resíduos sólidos em alguns municípios, a qual tem revelado que a implantação de usinas de reciclagem permitiu uma série de vantagens, dentre as quais se podem citar as seguintes:

Redução do volume de extração de matérias-primas;

Conservação de matérias-primas não renováveis;

Correção de problemas ambientais urbanos gerados pela disposição indiscriminada de resíduos de construção na malha urbana;



Colocação, no mercado, de materiais de construção de custo mais baixo;

Criação de novos postos de trabalho, principalmente para mão-de-obra de baixa qualificação.

Um aspecto que não pode ser esquecido e que é de primordial importância, devendo nortear a implantação de usinas de reciclagem, é o do desenvolvimento de estudos prévios, os quais detalhem pormenorizadamente qual a situação presente em termos de gestão de resíduos, quais as implicações sociais e os custos que essa situação comporta, e qual a estruturação exigida para que a coleta, transporte e beneficiamento dos RCD/RCC na região se dêem de forma ambientalmente adequada, eficaz e com benefícios econômicos.



Figura 318 – Peneirador mecânico (Fonte: Rocha, 2006)

Concluindo, afirmar que um dos fatores que continua, ainda assim e em muitas situações, constituindo um forte obstáculo a quantitativos maiores de beneficiamento de RCD/RCC, é a questão cultural, com a ideia enraizada não apenas na sociedade como até em alguns técnicos da área de que os produtos reciclados possuem qualidade inferior aos convencionais. Tal visão somente pode ser transformada através de ações que visem à conscientização de todos, através de atividades de educação ambiental, o que deve ser complementado por adequados programas de gestão dos resíduos de construção e demolição.

Até agora, e em termos de transporte dos resíduos de construção e demolição, apenas nos havíamos referido ao transporte dentro dos limites do canteiro, o chamado transporte interno, e respectivos dispositivos. Mas existe uma outra etapa de transporte que é aquela que compreende a remoção dos RCD/RCC do canteiro, usualmente designada por transporte externo.

Essa etapa de transporte externo ainda engloba algumas variantes, visto que o mesmo pode ser efetuado tendo como destino a chamada destinação final, a qual comporta duas possibilidades, que são as usinas de reciclagem ou os aterros sanitários, ou podem

ainda os resíduos ser conduzidos para pontos/estações intermediárias de transbordo e triagem, e só depois então desde estes até os destinos finais referenciados.

Na sua esmagadora maioria, os RCC/RCD existentes em canteiros de obras são removidos e transportados para o exterior dos mesmos através da chamada coleta formal, a qual é realizada por empresas transportadoras de caçambas, com recurso a caminhões com poliguindastes e caçambas intercambiáveis, ou em alternativa por caminhões providos de caçambas basculantes. Podem no entanto subsistir também situações do chamado transporte informal, o qual é realizado habitualmente por transportadores autônomos, geralmente os chamados “carroceiros”, em pequenas quantidades/volumes.



Figura 319 (esquerda) – Transportador autônomo de pequenos volumes; (direita) – Caminhão com poliguindaste (Fonte: Tavares, 2007)

Quando o transporte é feito de forma informal por carroceiros ou por particulares em pequenos veículos, o destino dos RCC/RCD por regra são os chamados pontos de entrega voluntária (PEV's) também designados por ecopontos. Já quando o transporte é executado por veículos de maior porte como são os caminhões com poliguindaste ou caminhões com caçamba basculante, os destinos costumam ser áreas intermediárias de transbordo e triagem (ATT's), ou usinas de reciclagem, ou aterros sanitários. O transporte por estes veículos maiores deve ser feito com as respetivas caçambas cobertas com lona, de forma a evitar o derrame dos resíduos nas vias públicas.

De acordo com Lima, R.S. e Lima, R.R.R. (2012), a coleta e remoção dos resíduos dos resíduos dos canteiros de obras devem ser controlados através do preenchimento de uma ficha de controle de resíduos (CTR – controle de transporte de resíduos), que contenha os dados do gerador, o tipo e quantidade de resíduos, os dados do transportador e dados do local de destinação final dos resíduos. Essa ficha deve ser feita em triplicado, assinada pelo transportador, ficando uma das vias em posse do gerador, a outra com o transportador, e a terceira com os responsáveis pelas áreas intermediárias de transbordo e triagem ou com os destinadores finais.

O gerador deve guardar a respectiva via do CTR como forma de comprovar que destinou adequadamente seus resíduos, e também como forma de sistematização das informações da geração de resíduos da sua obra.

Ainda segundo os autores, é importante contratar empresas licenciadas para a realização do transporte, bem como para a destinação.

Mattos, B.B. de M., (2013) sugere como boa prática a formalização de contratos entre geradores e transportadores, que contenham os seguintes aspectos a serem observados:

- Obediência às especificações da legislação municipal quanto ao uso de caçambas estacionárias, especialmente no que diz respeito à segurança;
- Utilizar equipamentos em bom estado de conservação e adequados ao uso;
- Observância das condições de qualificação do transportador (regularidade do cadastro junto ao órgão municipal competente);
- Estabelecer a obrigatoriedade do registro da destinação dos resíduos nas áreas previamente qualificadas e cadastradas pelo próprio gerador dos resíduos;
- Condicionar o pagamento pelo transporte à comprovação da destinação dos resíduos.

Em termos de destinação dos RCC/RCD ela pode ser separada entre áreas de destinação intermediária, as quais incluem os PEV's (pontos de entrega voluntária)/ecopontos e as ATT's (áreas de transbordo e triagem), ou áreas de destinação final, dentro das quais podem-se incluir as usinas de reciclagem e os aterros sanitários.

Começando pelos PEV's/ecopontos, trata-se de pontos de entrega voluntária de pequenos volumes (entre 1 a 2m<sup>3</sup>, no máximo) de entulhos provenientes dos canteiros de obra e grandes/volumosos objetos como sejam móveis, eletrodomésticos inutilizados, podas de árvores e restos de vegetação (sendo que estes últimos também podem provir de canteiros), ou materiais recicláveis de outros tipos, como metais, papéis/papelões, plásticos, vidros e outros.

Normalmente na sua entrada os ecopontos costumam ter uma área de apoio, com funcionário para controle/recebimento dos resíduos. Muitas vezes na sua zona/área central é construída uma plataforma/plateau elevado, por onde sobem os entregadores com as carroças ou pequenos veículos (ex: "pickups"/veículos ligeiros de caixa aberta), e junto a uma ou mais bordas desse "plateau" elevado são então encostadas várias caçambas, num nível inferior, sensivelmente à cota do piso de entrada do local, para onde são despejados

os resíduos em função dos seus tipos. Cada caçamba recebe um tipo de resíduo diferente (ex<sup>o</sup>: restos de argamassas ou concretos e entulhos numa caçamba, móveis e grandes pedaços de madeira ou galhos de árvores em outra caçamba, eletrodomésticos sem utilidade em outra caçamba, etc.).

Em uma outra área separada do ecoponto, normalmente junto a um dos seus muros/zonas limítrofes, são muitas vezes construídos compartimentos cobertos os quais são dispostos em série (uma espécie de “baias cobertas”), os quais constituem a chamada área reservada a materiais recicláveis, onde separadamente e por compartimento são depositados metais, papéis/papelões, plásticos e vidros.

Entre essas duas áreas (o “plateau” central e a área de materiais recicláveis) situa-se a área livre para circulação de veículos.

A área destinada ao ecoponto é isolada da vizinhança através de cercamento e “cerca viva” (pequenas árvores/arbustos) e/ou jardins. Os resíduos são posteriormente coletados e retirados por caminhões com poliguindaste, e conduzidos às destinações finais adequadas em função do tipo de resíduo (instalações de reciclagem ou aterros sanitários).

Os ecopontos são normalmente localizados em áreas periféricas das cidades, e não devem receber entre outros gessos, amiantos, materiais perigosos, resíduos de serviços de saúde e hospitalares, material orgânico ou animais mortos.



Figura 320 (esquerda) – Ecoponto 31 de Março, com caçambas para resíduos densos – S. José dos Campos – SP; (direita) - Baías de armazenamento de resíduos leves do mesmo (Fonte: Córdoba, 2010)

Um segundo tipo de infra-estrutura de destinação intermediária para RCC são as chamadas ATT (áreas de transbordo e triagem).

A NBR 15.112:2004 define área de transbordo e triagem como sendo uma área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e

posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Da própria definição se depreende que essas áreas não recebam apenas RCC, provenientes dos canteiros, mas de outras proveniências também, como móveis, eletrodomésticos inutilizados, grandes embalagens ou grandes peças de madeira, que não são removidas pela coleta pública municipal.

Ao contrário dos ecopontos, que se localizam ainda dentro de zonas limítrofes das localidades e são vocacionados ao recebimento de pequenas quantidades de materiais, as ATT's localizam-se em regra fora das localidades, e destinam-se a recebimento de grandes quantidades de materiais.

A principal área desse tipo de infra-estrutura é o seu pátio de triagem, o qual deverá ser de grandes dimensões, para permitir a descarga e a manobra dos caminhões poliguindaste e de caçambas basculantes, e a manobra de outros equipamentos de grande porte como pás carregadeiras.

A área de triagem deverá ser dotada de piso rígido de maneira que permita o manuseio dos materiais sem que ocorra sua contaminação, mistura ou perda.

Depois dos caminhões serem controlados à entrada, através da respectiva CTR, os mesmos dirigem-se ao pátio de triagem para onde descarregam a respectiva carga diretamente no piso. Em seguida pás carregadeiras espalham o material recebido de forma "rasa", ao longo do pátio, de maneira a facilitar a posterior segregação/triagem dos vários tipos de resíduos recebidos. Essa operação de segregação/triagem é feita manualmente por operários treinados para o efeito. Os materiais são então separados de acordo com a sua natureza, e conduzidos aos respectivos locais de armazenamento temporário até serem coletados e transportados às destinações finais adequadas às respectivas classes e naturezas.

Se houver algum tipo de transformação de materiais dentro das ATT's esse tipo de operação carece de licenciamento para o efeito.

Estas áreas (ATT's) não podem receber cargas constituídas predominantemente por materiais de classe D, e os locais de armazenamento temporário desse tipo de resíduos terá obrigatoriamente que ser coberto.



Figura 321 (esquerda) – Controle de caminhão à entrada da ATT; (direita) – Descarga de caminhão tipo poliguindaste no pátio de triagem (Fonte:

<http://inac.org.br/crcd1/ure/ureosasco/galeria-de-fotos>)



Figura 322 (esquerda) – Triagem manual, na ATT, por operários treinados para o efeito; (direita) – Áreas para armazenamento temporário por naturezas de materiais (Fonte:

<http://inac.org.br/crcd1/ure/ureosasco/galeria-de-fotos> )

Dentro das chamadas destinações finais para os RCC/RCD temos as usinas de reciclagem, entre as quais merecem especial relevância as usinas para reciclagem de agregados reciclados.

De acordo com a NBR 15114:2004, uma área de reciclagem de resíduos da construção civil é uma “...área destinada ao recebimento e transformação de resíduos de construção de classe A, já triados, para produção de agregados reciclados”. Veja-se que a própria norma já remete para os resíduos de classe A, que são aqueles que podem ser reaproveitados como agregados reciclados na produção de bases de pavimentação, concretos não estruturais e outros.

Embora já se tenha levemente tocado em alguns tópicos e apresentado até algumas fotos referentes a este tipo de usinas, convém talvez fazer um descritivo resumido do seu funcionamento.

Normalmente chegam a estas usinas três “tipos” de materiais provenientes dos canteiros de obra (o ideal é que eles já venham separados/triados/segregados, mas nem sempre assim acontece). São eles então: os chamados “materiais cinza” (blocos de concreto, restos de concretos e de argamassas, ou até revestimentos de pisos ou paredes mas feitos à base de materiais cimentícios), os chamados “materiais vermelhos” (blocos cerâmicos, telhas, revestimentos de piso ou parede em materiais cerâmicos), e os “outros tipos de materiais recicláveis” (papéis e papelões, metais, plásticos, vidros, que sempre



acabam vindo misturados com ao materiais cinza e vermelhos). Quando esses materiais chegam à usina misturados, normalmente pás carregadeiras espalham-nos no chão para que possa cada um dos respetivos tipos ser triado manualmente.

Feita a triagem, os materiais cinza e os materiais vermelhos são então conduzidos, separadamente, cada um deles aos seus alimentadores, que são uma espécie de depósitos metálicos em forma de funil, que por sua vez conduzem os materiais aos trituradores. Aí, muitas vezes as mandíbulas desses trituradores já estão preparadas para moer o material em granulometrias/calibres diferenciados, conforme o orifício do alimentador e respetiva mandíbula para onde o material é conduzido.

Feita a trituração dos materiais, ou eles já saem com os tamanhos/granulometrias pretendidos ou então passam por uma série de peneiros(as) que os vão separando por tamanhos.

Depois disso e já nas granulometrias pretendidas, os materiais são conduzidos para esteiras que os transportam e despejam para a respetiva pilha de material, em função da natureza (cinza ou vermelha) e granulometria/tamanho do agregado reciclado.

Desse modo é possível obter areias recicladas para chapisco e reboco, pedrisco (material de 4 a 9mm), brita 1 e brita 2, e até uma pilha própria chamada de “bica corrida”, que mistura materiais cinza e materiais vermelhos. As britas 1 e 2 são muitas vezes aproveitadas para fabrico de novos concretos em obra, já os materiais vermelhos reciclados são mais usados na execução de calçadas, contrapisos, e camadas de base e sub-base em estradas, ou em conservação/manutenção de estradas de terra.

É muito importante acrescentar que hoje em dia já existem “mini-usinas de reciclagem” de muito menor porte, que podem ser usadas no próprio canteiro de obra. Com alimentadores muito menores, onde os materiais a reciclar já triados podem ser despejados manualmente, e com trituradores menores também, bem como providas de “mini-esteiras” cuja posição pode ser manejada inclusive por um único funcionário.



Figura 323 – (esquerda) Alimentador Vibratório utilizado no Processo de Reciclagem dos RCD; (direita) Britador de Mandíbulas utilizado para a quebra de partículas no processo da reciclagem Fonte: (Martini, 2012)



Figura 324 – (esquerda) Peneira vibratória utilizada para separar o material triturado conforme sua granulometria, com saídas em diferentes direções, para posterior alimentação das esteiras transportadoras (fonte: Martini, 2012); (direita) Agregado miúdo reciclado (Fonte: Evangelista, Costa e Zanta, 2010)



Figura 325 – (esquerda) Equipamentos de pequeno porte para “mini-usinas” de reciclagem de agregados, possíveis de instalar em canteiro; (direita) Esteira transportável por um funcionário só (Fonte: <http://www.vegedry.com.br> )

Finalmente ainda dentro das chamadas destinações finais para os RCC/RCD temos os aterros sanitários.

A NBR 15113:2004 define aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes como sendo uma “...área onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307, e resíduos inertes no solo, visando a reservação de materiais segregados, de forma a possibilitar o uso futuro dos materiais e/ou futura utilização da área, conforme princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. O fato do aterro ser dito de sanitário significa que ele é ambientalmente adequado.

Um aterro sanitário pode ser construído para cima ou para baixo da cota inicial do solo natural.



Um aterro sanitário construído para cima (em elevação, portanto) da cota inicial do solo acaba resultando numa espécie de sucessão de camadas de solo, com resíduos no seu interior, dispostas umas sobre as outras, em forma de “escada”, sendo que cada uma dessas camadas tem que ser impermeabilizada/isolada tanto nas suas partes inferior e superior como nas laterais. As superfícies laterais do aterro sanitário em elevação são muitas vezes cobertas por vegetação. Deve ser prevista no aterro a drenagem dos gases (biogás), o que normalmente é feito através da sobreposição de tubos/manilhas de concreto provenientes do interior do aterro. Esses gases devem ser obrigatoriamente queimados, pois o metano é cerca de 21 vezes mais prejudicial à camada de ozono do que os gases carbônicos.

Deve ser prevista também uma estação de tratamento de chorume, que é um material líquido proveniente da decomposição do material orgânico que está enterrado nesse aterro sanitário. Os resíduos são dispostos dentro do aterro encapsulados em células.

Existem também aterros sanitários construídos para baixo em relação à cota inicial do terreno natural. Ou seja, trata-se de um aterro construído em vala/escavação. Continua tendo que ser impermeabilizado em todo o seu entorno, assim como continua sendo necessária a drenagem/escoamento do biogás e a respetiva queima.

Uma outra questão importante nos aterros sanitários é que deve existir uma distância mínima que é regulamentada por normas, entre o fundo do aterro sanitário e o lençol freático mais próximo do mesmo.



Figura 326 – (esquerda) Aterro construído em elevação; (direita) Aterro construído em escavação (Fonte: <http://www.portalresiduossolidos.com>)

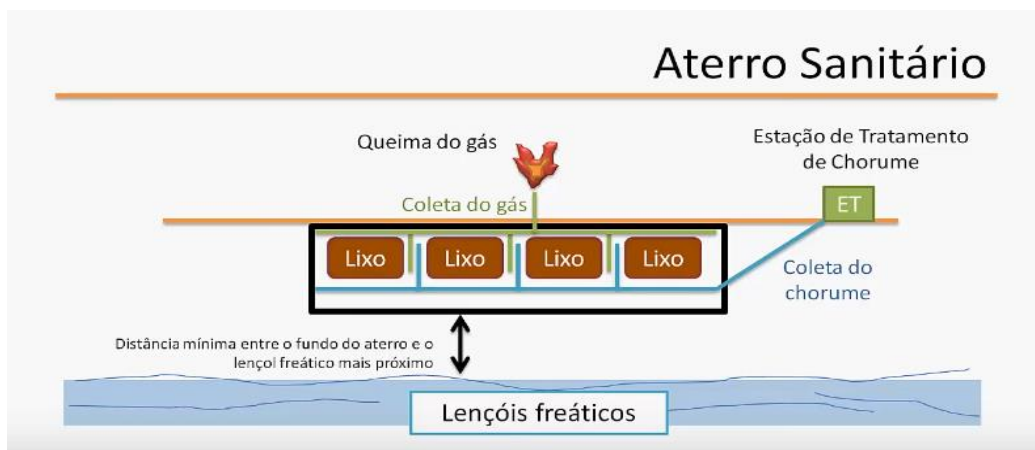


Figura 327 – Desenho esquemático de um aterro sanitário em escavação (Fonte: <http://www.portalresiduossolidos.com>)

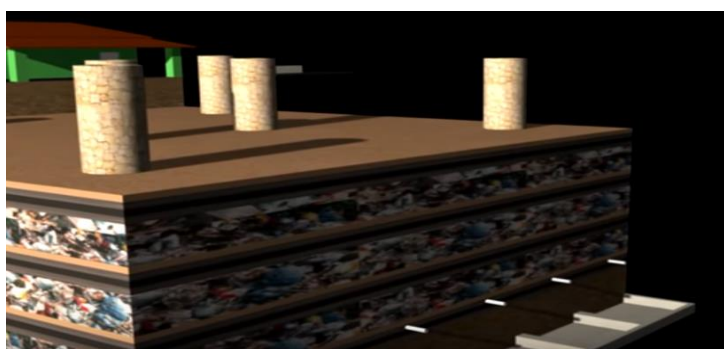


Figura 328 – Desenho em perspectiva das várias camadas e elementos constituintes de um aterro sanitário (Fonte: <http://www.portalresiduossolidos.com>)

Seguindo o desenho em perspectiva da figura 328 o aterro sanitário em escavação é construído resumidamente do seguinte modo: o terreno do fundo do aterro sanitário é previamente compactado e deverá guardar uma distância mínima de 5m em relação ao lençol freático mais próximo. Sobre essa base compactada começa por se colocar uma camada de terra, sobre a qual é fixada/sobreposta uma camada de material isolante/impermeabilizante, normalmente uma manta de polietileno de alta densidade. A seguir coloca-se uma rede de encanamentos para drenagem do líquido percolado (chorume). Para finalizar a camada de impermeabilização é colocada uma segunda camada de terra, e sobre esta uma camada de brita. No meio do aterro são colocados drenos para os gases saírem. Após a camada de impermeabilização os resíduos já podem começar a ser colocados em células.

A cada 5 metros de altura das camadas de resíduos nova camada de impermeabilização deve ser executada, evitando a contaminação de resíduos de camadas adjacentes.

O chorume produzido pelos resíduos é escoado pela rede de canos até piscinões que ficam na base do aterro, donde é conduzido para ser tratado em estações de tratamento de chorume.

Muitas vezes, após atingir a sua capacidade máxima de reservação os aterros sanitários se tornam áreas verdes de preservação.

### 3.7. TÉCNICAS ESTATÍSTICAS NECESSÁRIAS AO DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO EMPÍRICO PARA ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RCC EM EDIFÍCIOS VERTICAIS

#### 3.7.1 TESTE NÃO PARAMÉTRICO DE SHAPIRO-WILK

O teste não paramétrico de Shapiro-Wilk, é especialmente indicado para amostras com menos de 30 valores de dados, e o seu objetivo é o de estudar o ajustamento de uma variável aleatória à Distribuição Normal.

Exemplo de aplicação do teste: tem-se uma amostra com 10 ( = n ) alunos, e o respectivo nº de horas semanais de estudo ( = X ), e quer-se perceber se essa variável X aleatória segue ou não segue uma distribuição normal

**1º Passo:** Tem-se por hipótese  $H_0$ , em que  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , ou seja, tem-se que por hipótese  $H_0$ , X segue uma distribuição normal de parâmetros  $\mu$  e  $\sigma^2$  (esses parâmetros podem ou não ser referidos, para o caso são irrelevantes), e **tem-se essa hipótese confrontada contra uma outra**, a hipótese  $H_1$ , em que X não segue uma distribuição normal com os ditos parâmetros  $\mu$  e  $\sigma^2$ ; **pode-se para este efeito aplicar um teste de Shapito-Wilk, visto que o número de elementos/valores da nossa amostra é inferior a 30** (amostra considerada pequena), para ver qual das hipóteses será verdadeira. Mais que isso, pode-se concluir que se está perante um teste do tipo TUE (Teste Unilateral Esquerdo).

**2º Passo:** Identificar a Estatística de Teste,  $ET = [b_2 / ((n-1) * s^2)] \sim W_n$ ; ou seja, aquele ET que se quer determinar segue uma “distribuição de Shapiro-Wilk” com um nº de graus de liberdade n (que é o nº de elementos da nossa amostra, no caso n =10);  $s^2$  é a variância da amostra.

Tendo essa estatística de teste (**ET**) enunciada o passo seguinte é partir para o respectivo cálculo. Mas para isso precisa-se dos dados do exemplo, que são: os 10 alunos que responderam ao inquérito forneceram as seguintes informações – um deles afirmou estudar 5 horas semanais, outro afirmou estudar 7 horas/semana, outro afirmou estudar

10h/semana, dois que estudavam 11, um estudava 13, outros dois estudavam 14, um estudava 15, e um último estudava 17 horas semanais.

Partindo desses dados o primeiro cálculo a fazer é o da média dessa amostra,  $\bar{x}$ , e que neste caso dá 11,7 ( = (5 + 7 + 10 + 2 \* 11 + 13 + 2 \* 14 + 15 + 17) / 10 ).

A seguir calcula-se a variância da amostra ( $s^2$ ), que é dada pela expressão:

$S^2 = (1/(n - 1)) [ \sum_{(de\ 1\ até\ n)} (\bar{x}_i)^2 - n * \bar{x}^2 ]$  ; ora, o resultado de  $s^2$  vem então = ( 5<sup>2</sup> + 7<sup>2</sup> + 10<sup>2</sup> + 11<sup>2</sup> + 11<sup>2</sup> + 13<sup>2</sup> + 14<sup>2</sup> + 14<sup>2</sup> + 15<sup>2</sup> + 17<sup>2</sup> ) – 10 \* 11,7<sup>2</sup> / 9 = 13,57; não é preciso calcular o desvio-padrão (raiz quadrada da variância), mas para calcular o valor da estatística de teste (ET) precisamos calcular o valor de **b**.

De forma expedita dizer que o cálculo de **b** obriga à consulta de uma constante adequada para cada um dos valores/elementos da nossa amostra , e que **essas “constantes adequadas” se podem consultar em uma tabela específica de coeficientes  $a_i$  para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk.**

**A fórmula de cálculo de **b** é :  $b = \sum_{(de\ 1\ até\ n/2)} a_{i,n} * [ X_{(i-1+n)} - X_{(i)} ]$  ; **Importante:** no desenvolvimento dessa expressão, naquela parte dela que está fora dos parêntesis retos, podemos tomar sempre **n** como sendo igual ao  $n^0$  de elementos da nossa amostra inicial completa, e que no caso é 10, mas, como veremos já a seguir, já na parte de dentro dos parêntesis retos, e para cada “iteração de cálculo”, o  $n^0$  do **n** vai diminuindo de 2 unidades pois estamos a “cortar”/eliminar 2 elementos dessa amostra de dados (consecutivamente os que vão restando nas extremidades desse novo conjunto “cortado”/amputado de valores da amostra. Ou seja, o **n** vai diminuindo em 2 unidades porque sempre vamos eliminando os valores extremos de uma amostra, desde a nossa “amostra completa inicial”, e assim sucessivamente teremos a seguir uma amostra apenas de 8 elementos, 6 elementos, 4 elementos e assim sucessivamente.**

A primeira parte (a parte fora dos parêntesis retos) da expressão que permite calcular o valor de **b**, e no caso para a nossa amostra de 10 valores/elementos, mostra-nos que vamos necessitar de 5 valores para  $a_{i,n}$  , visto que *i* varia entre 1 e  $n/2$  , logo, no nosso caso vamos precisar dos valores/coeficientes  $a_{1,10}$  ,  $a_{2,10}$  ,  $a_{3,10}$  ,  $a_{4,10}$  e  $a_{5,10}$ . A figura 329 mostra-nos uma tabela de coeficientes  $a_i$  para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Então, entrando na respectiva coluna em que  $n = 10$  , tiramos sucessivamente que, para o nosso exemplo  $a_{1,10}=0,5739$  ,  $a_{2,10}= 0,3291$  ,  $a_{3,10}=0,2141$  ,  $a_{4,10}=0,1224$  e  $a_{5,10}=0,0399$ .

| i/n | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     |  |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 1   | 0,7071 | 0,7071 | 0,6872 | 0,6646 | 0,6431 | 0,6233 | 0,6062 | 0,5888 | 0,5739 | 0,5601 | 0,5475 | 0,5359 |  |
| 2   |        |        | 0,1677 | 0,2413 | 0,2806 | 0,3031 | 0,3164 | 0,3244 | 0,3291 | 0,3315 | 0,3325 | 0,3325 |  |
| 3   |        |        |        |        | 0,0875 | 0,1401 | 0,1743 | 0,1976 | 0,2141 | 0,2260 | 0,2347 | 0,2412 |  |
| 4   |        |        |        |        |        |        | 0,0561 | 0,0947 | 0,1224 | 0,1429 | 0,1586 | 0,1707 |  |
| 5   |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0399 | 0,0695 | 0,0922 | 0,1099 |  |
| 6   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0303 | 0,0539 |  |
|     |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |

Figura 329 – Tabela de coeficientes  $a_{i,n}$ , para teste de normalidade de Shapiro-Wilk  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

Levando em consideração a observação **Importante** imeditamente anterior no texto, fica então que, e para o nosso exemplo, desenvolvendo a expressão, o b seria igual a:

$b = a_{1,10} * (X_{(1-1+10)} - X_1) + a_{2,10} * (X_{(2-1+8)} - X_2) + a_{3,10} * (X_{(3-1+6)} - X_3) + a_{4,10} * ((X_{(4-1+4)} - X_4) + (X_{(5-1+2)} - X_5))$ ; isso porque, e naquele primeiro termo em x dentro dos sucessivos parêntesis, à medida que se vão retirando os elementos das extremidades na amostra, o n vai se transformando sucessivamente em 10, 8, 6, 4, e 2.

Então, no nosso exemplo, o cálculo de b, ficará:

$$b = 0,5739 * (x_{10} - x_1) + 0,3291 * (x_9 - x_2) + 0,2141 * (x_8 - x_3) + 0,1224 * (x_7 - x_4) + 0,0399 * (x_6 - x_5) = 0,5739 * (17 - 5) + 0,3291 * (15 - 7) + 0,2141 * (14 - 10) + 0,1224 * (14 - 11) + 0,0399 * (13 - 11) = 0,5739 * 12 + 0,3291 * 8 + 0,2141 * 4 + 0,1224 * 3 + 0,0399 * 2 = \mathbf{10,823}$$

**Observação:** se o número de elementos da amostra for ímpar, ao calcular-se as parcelas da expressão que fornece o valor de b, procedendo do mesmo modo (“cortando” o último elemento com o 1º, o penúltimo com o 2º, o antepenúltimo com o 3º e assim sucessivamente, acabará sobrando um elemento, que é o “elemento central” da amostra, mas não é motivo de preocupação na aplicação da expressão, pois nesse caso o valor correspondente a de  $a_{i,n}$ , retirado da tabela de coeficientes para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, será sempre zero.

Neste momento já se tem o valor de **b**, também o valor de  $s^2$ , também o valor de **(n -1)**, está-se em condições de calcular o valor da estatística de teste, ET, que virá:

$$ET = b^2 / [(n - 1) * s^2] = 10,823^2 / [(10 - 1) * 13,57] = 0,959.$$

Lembrar aqui que se havia afirmado que o teste de Shapiro-Wilk era um teste do tipo **TUE**, ou seja, um **Teste Unilateral Esquerdo**. Se é um teste unilateral esquerdo,

independentemente de ser simétrico (que não é) **a região crítica estará sempre na metade esquerda da figura 330 a seguir**, região essa a que pertence aquela pequena sub-região circular assinalada pela seta.

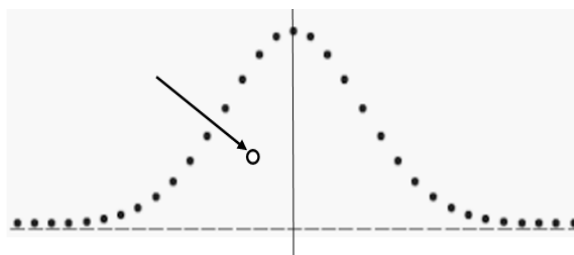


Figura 330 – Região crítica no teste unilateral esquerdo de Shapiro-Wilk (Fonte: o pesquisador, 2019)

Incluída nessa região crítica, na sua “borda extrema esquerda” é que se vai delimitar a **região fronteira/região limite**, neste exemplo de aplicação, da distribuição de Shapiro-Wilk com 10 graus de liberdade ( $n = 10 =$  tamanho da amostra), ou seja, da distribuição  $W_{10}$ .

Ademais, considera-se neste exemplo um erro alfa ( $= d_\alpha$ ) de 10% = 0,10; a distribuição designa-se então por  $W_{10(0,10)}$ . Portanto, **se o valor da estatística de teste, ET, for maior que a área dessa região limite, a hipótese  $H_0$ , ou seja, a hipótese de que os valores da nossa amostra seguem uma distribuição normal, não é rejeitada, e implicitamente se admite que esses dados/valores seguem distribuição normal. Caso o valor de ET seja menor que a área dessa região limite (definida pelo erro de alfa = 0,10), então rejeita-se aquela hipótese e os dados não seguem uma distribuição normal.** Mas como determinar o valor de  $W_{10(0,10)}$ ? Tem que se consultar uma outra tabela de Shapiro-Wilk, esta agora adequada para os quartis e probabilidades, que é a tabela da figura 331 da página a seguir. Desse modo, se entrarmos na tabela na linha correspondente ao tamanho da amostra deste exemplo ( $n = 10$ ) e cruzarmos com a coluna correspondente ao nível de significância/erro que definimos, teremos que  $W_{10(0,10)} = 0,869$ . Como o valor de ET ( $= 0,959$ ) é maior que o valor de  $W_{10(0,10)} = 0,869$ , não se rejeita a hipótese  $H_0$ , que é o mesmo que dizer, os valores da amostra deste exemplo que se tomou, seguem uma distribuição normal de dados/valores/elementos. Ou seja, o  $n^\circ$  de horas que os alunos da amostra estudam semanalmente,  $X$ , segue uma distribuição normal ( $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ ).

Mas ainda existe uma última verificação a fazer, para que se considere definitivamente que a distribuição dos valores segue uma distribuição normal, e que é a de que, o valor de prova,  $d_p$ , seja maior que o valor que definimos para erro no problema,  $d_\alpha = 0,10$ ; Observação importante: sendo o teste de Shapiro-Wilk um **TUE** (Teste Unilateral Esquerdo), não é necessário que, para se tirarem conclusões acerca da normalidade dos

dados, sejam feitas exigências/verificações quanto a intervalos de confiança, porque o teste não é bilateral, mas em relação ao valor de prova  $d_p$  sim, é necessário.

|                       |    | Nível de significância $\alpha$ |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|----|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       |    | 0.01                            | 0.02  | 0.05  | 0.10  | 0.50  | 0.90  | 0.95  | 0.98  | 0.99  |
| Tamanho da Amostra, N | 3  | 0.753                           | 0.756 | 0.767 | 0.789 | 0.959 | 0.998 | 0.999 | 1.000 | 1.000 |
|                       | 4  | 0.687                           | 0.707 | 0.748 | 0.792 | 0.935 | 0.987 | 0.992 | 0.996 | 0.997 |
|                       | 5  | 0.686                           | 0.715 | 0.762 | 0.805 | 0.927 | 0.976 | 0.985 | 0.991 | 0.993 |
|                       | 6  | 0.713                           | 0.743 | 0.788 | 0.825 | 0.927 | 0.974 | 0.981 | 0.986 | 0.989 |
|                       | 7  | 0.730                           | 0.760 | 0.803 | 0.838 | 0.928 | 0.972 | 0.979 | 0.985 | 0.988 |
|                       | 8  | 0.749                           | 0.778 | 0.818 | 0.851 | 0.932 | 0.972 | 0.978 | 0.984 | 0.987 |
|                       | 9  | 0.764                           | 0.791 | 0.829 | 0.859 | 0.935 | 0.972 | 0.978 | 0.984 | 0.986 |
|                       | 10 | 0.781                           | 0.806 | 0.842 | 0.869 | 0.938 | 0.972 | 0.978 | 0.983 | 0.986 |
|                       | 11 | 0.792                           | 0.817 | 0.850 | 0.878 | 0.940 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
|                       | 12 | 0.805                           | 0.828 | 0.859 | 0.883 | 0.943 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
|                       | 13 | 0.814                           | 0.837 | 0.866 | 0.889 | 0.945 | 0.974 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
|                       | 14 | 0.825                           | 0.846 | 0.874 | 0.895 | 0.947 | 0.975 | 0.980 | 0.984 | 0.986 |
|                       | 15 | 0.835                           | 0.855 | 0.881 | 0.901 | 0.950 | 0.975 | 0.980 | 0.984 | 0.987 |
|                       | 16 | 0.844                           | 0.863 | 0.887 | 0.905 | 0.952 | 0.976 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
|                       | 17 | 0.851                           | 0.869 | 0.892 | 0.910 | 0.954 | 0.977 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
|                       | 18 | 0.858                           | 0.874 | 0.897 | 0.914 | 0.956 | 0.978 | 0.982 | 0.986 | 0.988 |
|                       | 19 | 0.863                           | 0.879 | 0.901 | 0.917 | 0.957 | 0.978 | 0.982 | 0.986 | 0.988 |
|                       | 20 | 0.868                           | 0.884 | 0.905 | 0.920 | 0.959 | 0.978 | 0.983 | 0.986 | 0.988 |
|                       | 21 | 0.873                           | 0.888 | 0.908 | 0.923 | 0.960 | 0.980 | 0.983 | 0.987 | 0.989 |
|                       | 22 | 0.878                           | 0.892 | 0.911 | 0.926 | 0.961 | 0.980 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
|                       | 23 | 0.881                           | 0.895 | 0.914 | 0.928 | 0.962 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
|                       | 24 | 0.884                           | 0.898 | 0.916 | 0.930 | 0.963 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
|                       | 25 | 0.888                           | 0.901 | 0.918 | 0.931 | 0.964 | 0.981 | 0.985 | 0.988 | 0.989 |
|                       | 26 | 0.891                           | 0.904 | 0.920 | 0.933 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.989 |
|                       | 27 | 0.894                           | 0.906 | 0.923 | 0.935 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
|                       | 28 | 0.896                           | 0.908 | 0.924 | 0.936 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
|                       | 29 | 0.898                           | 0.910 | 0.926 | 0.937 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
|                       | 30 | 0.900                           | 0.912 | 0.927 | 0.939 | 0.967 | 0.983 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |

Figura 331 – Tabela de quantis e probabilidades de Shapiro-Wilk (Fonte: o pesquisador, 2019)

Se o teste é TUE (Teste Unilateral Esquerdo), o valor de  $d_p$  é a probabilidade de a estatística de teste (ET) ser menor que o valor da estatística de teste calculado, o que no caso deste exemplo fica:  $d_p = P(ET \leq 0,959)$ ; para determinarmos o valor de prova,  $d_p$ , temos que entrar na tabela da figura 331 (tabela de quantis e probabilidades, e, na linha correspondente a  $n = 10$ , que é o  $n^\circ$  de elementos da nossa amostra, procurar onde se situará o valor do ET calculado ( $= 0,959$ ), o que, se observarmos os valores da figura 331, ficará entre 0,50 e 0,90 de probabilidade, já que nessa linha e para um nível de significância de 0,5 o valor de probabilidade é de 0,938, e para um nível de significância de 0,9 o valor de probabilidade é de 0,972. Interpolando, pode considerar-se, dados esses resultados, que a probabilidade do ET ser  $\leq 0,959$  estará em torno dos 70%; ora, o valor de erro  $d_\alpha$  que havíamos considerado tinha sido de 10%. Logo, como 70% é maior que esse valor, então  $d_p > d_\alpha$ , e portanto não se pode rejeitar a hipótese  $H_0$ , que é o mesmo que



dizer que os valores da nossa amostra ( $n^{\circ}$  de horas semanais de estudo de cada aluno) seguem uma distribuição normal, de parâmetros  $\mu$  e  $\sigma^2$ .

### 3.7.2 GRÁFICOS BOX – PLOT

#### 3.7.2.1 GRÁFICOS BOX – PLOT SEM “OUTLIERS” / PONTOS DISCREPANTES

Os gráficos “box-plot” também se costumam designar de **diagramas de caixa**, e são uma forma de visualizar a dispersão dos valores de uma amostra de dados. No caso começa-se por fazer a discriminação destes gráficos sem marcação de “outliers” (pontos discrepantes). Os pontos relevantes de um gráfico box – plot deste 1º tipo são: 1 – Valor mínimo; 2 – Primeiro quartil; 3 – Segundo quartil; 4 – Terceiro quartil; 5 – Valor máximo. O chamado “corpo” da “caixa/box-plot” contém 50% dos resultados/valores/elementos da amostra (os que vão desde o 1º quartil até ao 3º quartil). O aspecto típico de um gráfico box-plot ou diagrama de caixa é o da figura 332.

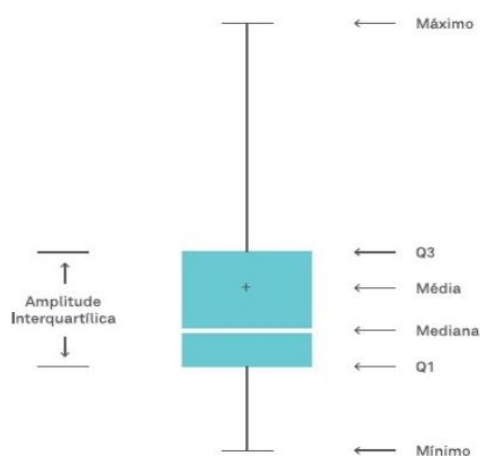


Figura 332 – Aspecto típico de um gráfico do tipo box-plot ou diagrama de caixa  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

Exemplo 1 - construir o box-plot/diagrama de caixa para os 18 valores seguintes: 3,0; 3,5; 4,5; 5,0; 5,0; 5,5; 6,5; 6,5; 6,5; 7,5; 7,6; 7,9; 8,0; 8,0; 9,0; 9,5; 10,0; 15,0

#### 1º Passo: Cálculo da mediana

Neste caso os elementos da amostra já estão ordenados crescentemente e temos um  $n^{\circ}$  par de elementos (=18); conseqüentemente a mediana calcula-se como a média aritmética dos dois “elementos centrais” da amostra, que são o 9º e o 10º elementos. Fica então que a mediana será: mediana =  $( 6,5 + 7,5 ) / 2 = 7,0$ .

#### 2º Passo: Cálculo dos quartis (intervalos)



Para isso toma-se agora a primeira metade dos dados, no caso desde o 1º valor/elemento até o 9º valor/elemento e acha-se a mediana desse conjunto, que corresponderá ao primeiro quartil (Q1); depois toma-se a segunda metade dos dados e faz-se o mesmo, sendo que o resultado será o valor do 3º quartil ( Q3 ) da amostra.

No caso a primeira metade dos dados tem 9 valores/elementos, que é um nº ímpar, pelo que a sua mediana será o valor/elemento central desse conjunto de dados, ou seja, o 5º elemento ( = 5,0 = Q1 ); e a segunda metade dos dados também tem 9 elementos (que vão do 10º ao 18º elemento), nº ímpar de novo, pelo que a mediana desse conjunto de valores será o seu valor central, no caso o 14º elemento ( = 8,0 = Q3 ).

### 3º Passo: Cálculo dos valores mínimo e máximo

No caso, e por simples observação direta da amostra ordenada crescentemente tiramos que o valor mínimo é 3,0 e o valor máximo é 15,0.

**4º Passo: Construir uma escala que abranja todos os dados e consiga ir um pouco além desses limites ainda.**

**5º Passo: Traçar linhas horizontais correspondentes ao 1º e 3º quartis e “fechar” o “corpo da caixa”.**

**6º Passo: Traçar a mediana ( linha horizontal dentro do corpo da caixa , passando pelo valor da mediana ).**

**7º Passo: Traçar uma pequena linha horizontal que passe pelo valor mínimo e uni-la na vertical, por uma linha, até o nível do 1º quartil.**

**8º Passo: Traçar uma pequena linha horizontal que passe pelo valor máximo e uni-la na vertical por uma linha até atingir o nível do 3º quartil.**

A partir da nossa amostra de 18 elementos/valores/dados, e aplicando os sucessivos passos se construiria o gráfico do tipo box-plot sem “outliers” que consta na figura 333.

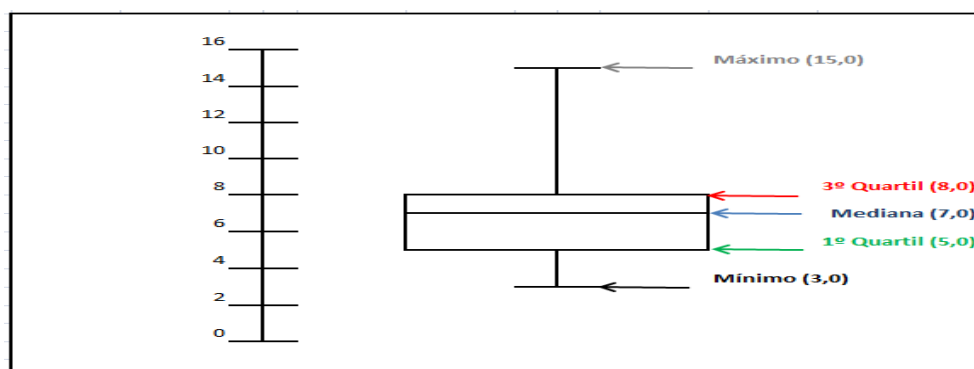


Figura 333 – Gráfico do tipo box-plot sem “outliers” e relativo ao Exemplo 1 anterior

(Fonte: o pesquisador, 2019)

### 3.7.2.2 GRÁFICOS BOX – PLOT COM “OUTLIERS” / PONTOS DISCREPANTES

São bastante semelhantes aos do 1º tipo só que têm um diferencial em relação áqueles, que é o de assinalarem os “pontos discrepantes” (aqueles cujos valores são ou muito maiores ou muito menores que a esmagadora maioria dos restantes valores da amostra. Esses gráficos podem até muitas vezes aparecer representados horizontalmente, conforme a figura 334.



Figura 334 – Gráfico do tipo box-plot com “outliers” / pontos discrepantes (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Importante:** Neste tipo de gráficos box-plot, com “outliers” / pontos discrepantes, o limite inferior e o limite superior podem não corresponder efetivamente ao menor ou ao maior valor da amostra. Dependerá da existência dos mesmos ou não. Assim, é estabelecida a seguinte regra no traçado deste tipo de gráficos box-plot: as linhas que se estendem, ou desde o 1º quartil ( = Q1 ) e até o limite inferior ( = LI ), ou desde o 3º quartil ( = Q3 ) e até o limite superior ( = LS ), poderão ter no máximo um comprimento igual a uma vez e meia o comprimento do “corpo da caixa” / box-plot; se por qualquer motivo existirem na amostra, valores/elementos/dados que sejam, ou inferiores ao 1º quartil diminuído ainda desse comprimento de uma vez e meia o comprimento do “corpo da caixa”, ou pelo contrário superiores ao valor do 3º quartil adicionado ainda desse comprimento de uma vez e meia o “corpo da caixa”, chegados a este limite, traça-se uma pequena linha, paralela à que define Q1 ou Q3, e passando nesses comprimentos limites de uma vez e meia o “corpo da caixa”, e as ocorrências que ultrapassem esses limites, serão assinaladas com um asterisco ou com uma pequena bola. É o que acontece na figura 334 em que temos valores/observações menores que o tal comprimento limite de uma vez e meia o “corpo da caixa”, partindo de Q1 e em direção ao limite inferior, LI. No caso foram assinalados por aquelas pequenas bolas (pontos discrepantes/“outliers”). Se não acontecer nenhuma dessas duas situações, simplesmente chega-se ao valor menor da amostra ou ao valor maior, e se traça aquela referida pequena linha paralela a Q1 ou a Q3, respectivamente, a qual definirá LI ou LS, conforme a situação.

Fórmulas para cálculo de LI e LS, para este tipo de gráficos box-plot:

$$\# \text{ LI} = \text{máx} ( \text{mín} ( \text{dados} ) ; \text{Q1} - 1,5 * ( \text{Q3} - \text{Q1} ) )$$

$$\# LS = \text{mín} ( \text{máx} (\text{dados}) ; Q3 + 1,5 * ( Q3 - Q1 ) )$$

Exemplo 2: construa o gráfico box-plot que representa as seguintes notas dos 40 alunos de uma sala: [ 60, 40, 50, 80, 100, 90, 0, 10, 40, 80, 70, 70, 70, 50, 40, 80, 70, 90, 80, 50, 40, 60, 60, 50, 10, 50, 100, 30, 80, 80, 90, 80, 70, 100, 60, 70, 100, 20, 80, 90.

Antes de mais comece-se por ordenar esse conjunto de notas, crescentemente, e resulta: 0, 10, 10, 20, 30, 40, 40, 40, 40, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 60, 60, 60, 60, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 80, 90, 90, 90, 90, 100, 100, 100, 100.

Sendo o nº de observações/notas igual a 40, que é nº par, a mediana resultará da média aritmética dos valores centrais da amostra ordenada, ou seja, da média da soma do 20º e 21º elementos dessa série ordenada. O que no caso resulta: Mediana =  $(70 + 70) / 2 = 70$ .

A seguir, para achar o valor do primeiro quartil, temos que usar a metade inferior da série de notas ordenadas, composta agora por 20 elementos, que continua sendo um nº par. Então o valor desse 1º quartil será a média aritmética entre o 10º e o 11º valores da série ordenada (elementos centrais da sua metade inferior), o que no caso resulta:  $Q1 = (50 + 50) / 2 = 50$ .

Para achar o valor do 3º quartil faz-se o mesmo que para o 1º, só que agora com a metade superior da série ordenada de notas, composta também por 20 elementos, e Q3 resultará da média aritmética entre o 30º e o 31º elementos da amostra (elementos centrais dessa metade superior da série ordenada de dados), o que virá:  $Q3 = (80 + 80) / 2 = 80$ .

Estamos neste momento em condições de construir o “corpo da caixa”, conforme representado pela figura 335.

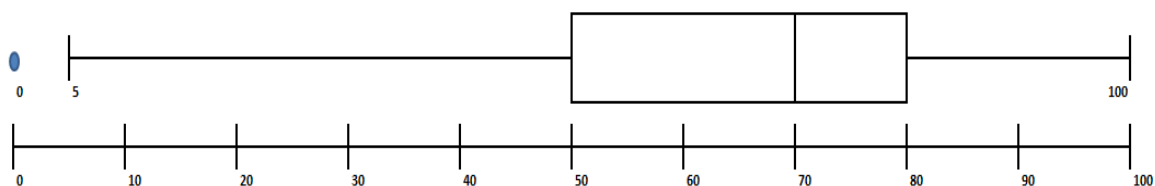


Figura 335 – “Corpo da caixa” e ponto discrepante/”outlier” para gráfico box-plot referente ao Exemplo 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

A seguir precisa-se calcular a distância interquartil ( $Q3 - Q1$ ), que no Exemplo 2 viria  $= (80 - 50) = 30$ . Esse cálculo é necessário porque a seguir terá que se calcular o anteriormente referido valor de 1,5 vezes essa distância interquartil, e que para o exemplo 2 será então de  $= 1,5 * 30 = 45$ .

E a seguir determinam-se então os valores de LI e LS recorrendo às fórmulas anteriormente apresentadas, donde para o Exemplo 2 resulta que:

$$LI = \text{máx} ( \text{mín} (\text{dados}) ; Q1 - 1,5 * (Q3 - Q1) ) = \text{máx} ( 0 ; (50 - 45) ) = 5$$

$$LS = \text{mín} ( \text{máx} (\text{dados}) ; Q3 + 1,5 * ( Q3 - Q1 ) ) = \text{mín} ( 100 ; (80 + 1,5 * 45) ) = 100$$

Veja-se que, na amostra de dados/valores do Exemplo 2, ainda existe um valor de nota que ainda consegue ser inferior ao de LI (= 5 ) e que é um valor de nota igual a zero. Esse valor está assinalado no gráfico da figura 335 por aquela pequena bola azul correspondendo ao valor 0 da escala. Trata-se então de um ponto discrepante/"outlier"; já do lado oposto do gráfico box-plot não existe nenhum valor de nota cujo valor seja superior ao valor de LS = 100. Daí que nessa zona do gráfico não exista nenhum ponto discrepante/"outlier", conforme se pode verificar também na figura 335. Donde, e para o Exemplo 2, o gráfico do tipo box-plot com pontos discrepantes/"outliers" acabe sendo exatamente o da figura referida.

### 3.7.3 CONSTRUÇÃO DE "GRÁFICOS DE PROBABILIDADE NORMAL" ATRAVÉS DO EXCEL

Se referiram (e se descreveu um deles) anteriormente testes não paramétricos para verificação da normalidade dos dados/valores/elementos de uma amostra, como sejam os testes de Shapiro-Wilk e o teste de Kolmogorov-Smirnov.

Existem no entanto formas mais expeditas de verificar essa normalidade (ou mais exatamente de verificar se um conjunto de dados segue uma distribuição normal, também chamada de Distribuição Gaussiana, ou "Curva de Sino"), através de ferramentas informáticas. No caso da dissertação usada, a autora dispunha para recurso do programa computacional estatístico IBM SPSS Statistics. Não se trata do caso do pesquisador. Mas podem-se usar outras ferramentas mais simples que o próprio sistema Windows coloca à disposição dos usuários, como é o caso do EXCEL.

**A verificação da normalidade dos dados de uma amostra é extremamente importante, porque existem determinados estudos**, como é o caso da regressão linear múltipla, que será usada no desenvolvimento do modelo matemático empírico para estimativa de geração de RCC em edifícios verticais de Dias, M.F. (2013, **que têm como pré-requisito precisamente a normalidade dos dados da amostra.**

Descrimina-se a seguir como usar o EXCEL com o objetivo de verificar se um determinado conjunto de valores de uma variável (dados) segue uma distribuição normal ou não.

**Exemplo prático:** suponha-se que se tem então uma variável “Valor de Contrato”, para a qual se possui registros de 250 ocorrências, aleatóreas (**desordenadas**). **Pergunta-se: será que essa variável com todos esses registros de ocorrências segue uma distribuição normal?**

O Gráfico de probabilidade, que pode ser construído pelo uso do excel, mostra um Diagrama de Dispersão entre a probabilidade observada nos dados e a probabilidade esperada se esses dados seguissem uma distribuição normal.

**1º PASSO PARA CONSTRUIR O GRÁFICO DE PROBABIIDADE – DETERMINAR O Nº DE ORDEM DE CADA DADO/ELEMENTO/OBSERVAÇÃO PERTENCENTE A UMA DETERMINADA SEQUÊNCIA/AMOSTRA:**

**Observação:** Detelharemos o processo completo de verificação da normalidade dos dados da amsotra, de construção do gráfico de probabilidade através do excel, partindo do sub-conjunto desordenado dos primeiros 18 elementos daquela, por questões de praticidade (visto que a amostra é relativamente grande – 250 valores – e no final apresentaremos a planilha e o gráfico de probabilidade já com os dados completos).

Se partirmos então de uma sequência desordenada dos primeiros 18 registros/observações da variável Valor de Contrato em uma coluna de planilha de excel, comece-se por tomar o primeiro desses 18 valores, por hipótese 18114,18 e pergunte-se: **em que posição/nº de ordem ele está dentro da sequência completa de registros para essa variável?** Para isso para isso pode-se usar uma função do excel que é a função **ordem** , conforme a figura 336.

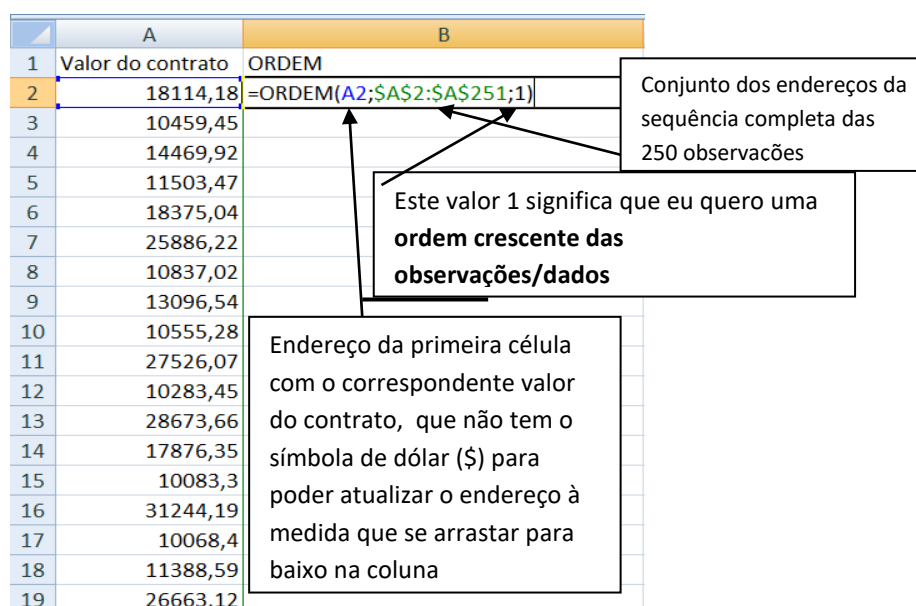


Figura 336 – Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte I de VI

(Fonte: o pesquisador, 2019)

Então aquela função ordem vai começar por verificar em que posição, dentre todos os 250 valores do conjunto das observações, aquela primeira observação está. Se arrastarmos o cursor na vertical, dentro da coluna B da planilha, até a 18ª observação de valor de contrato, obter-se-ia o que consta na figura 337.

|    | A                 | B     |
|----|-------------------|-------|
| 1  | Valor do contrato | ORDEM |
| 2  | 18114,18          | 170   |
| 3  | 10459,45          | 20    |
| 4  | 14469,92          | 112   |
| 5  | 11503,47          | 55    |
| 6  | 18375,04          | 175   |
| 7  | 25886,22          | 207   |
| 8  | 10837,02          | 33    |
| 9  | 13096,54          | 84    |
| 10 | 10555,28          | 23    |
| 11 | 27526,07          | 215   |
| 12 | 10283,45          | 14    |
| 13 | 28673,66          | 218   |
| 14 | 17876,35          | 165   |
| 15 | 10083,3           | 4     |
| 16 | 31244,19          | 231   |
| 17 | 10068,4           | 2     |
| 18 | 11388,59          | 49    |
| 19 | 26663,12          | 212   |

Figura 337 – Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte II de VI

(Fonte: o pesquisador, 2019)

**2º PASSO PARA CONSTRUIR O GRÁFICO DE PROBABIIIDADE – CALCULAR A PROBABILIDADE OBSERVADA DE CADA UM DOS VALORES DA SEQUENCIA DE DADOS**

A partir das 2 figuras anteriores pode-se fazer isso simplesmente construindo uma terceira coluna, a coluna C, a que daremos o título de “Observada” (**probabilidade acumulada observada, em relação ao total da amostra – probabilidade acumulada observada até o elemento daquele número de ordem**), e cada elemento dessa coluna será igual ao correspondente elemento da coluna “Ordem”(que no fundo nos diz **quantas observações já se registaram até a correspondente observação da coluna A**) a dividir pelo nº total de observações da amostra (=250). E se chegará, no nosso exemplo prático, à figura 338.

|    | A                 | B     | C         |
|----|-------------------|-------|-----------|
| 1  | Valor do contrato | ORDEM | OBSERVADA |
| 2  | 18114,18          | 170   | 0,68      |
| 3  | 10459,45          | 20    | 0,08      |
| 4  | 14469,92          | 112   | 0,448     |
| 5  | 11503,47          | 55    | 0,22      |
| 6  | 18375,04          | 175   | 0,7       |
| 7  | 25886,22          | 207   | 0,828     |
| 8  | 10837,02          | 33    | 0,132     |
| 9  | 13096,54          | 84    | 0,336     |
| 10 | 10555,28          | 23    | 0,092     |
| 11 | 27526,07          | 215   | 0,86      |
| 12 | 10283,45          | 14    | 0,056     |
| 13 | 28673,66          | 218   | 0,872     |
| 14 | 17876,35          | 165   | 0,66      |
| 15 | 10083,3           | 4     | 0,016     |
| 16 | 31244,19          | 231   | 0,924     |
| 17 | 10068,4           | 2     | 0,008     |
| 18 | 11388,59          | 49    | 0,196     |
| 19 | 26663,12          | 212   | 0,848     |

Figura 338 – Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte III de VI  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

### **3º PASSO PARA CONSTRUIR O GRÁFICO DE PROBABILIDADE – CALCULAR AS PROBABILIDADES ESPERADAS CASO OS DADOS DA AMOSTRA SIGAM UMA DISTRIBUIÇÃO NORMAL**

Mas para chegar nesses resultados tem-se que começar por se usar duas funções do excel que são a função MÉDIA e a função DESVPADA. E para isso e a partir das figuras anteriores acrescentariamais duas colunas na planilha ( D e E), em que a primeira coluna D serviria apenas para colocar os nomes dessas funções, e a coluna E serviria para calcular os respectivos valores, de acordo com a aplicação das duas funções referidas, recorrendo à formulação =MÉDIA(A2:A251), na célula E1 da planilha, e =DESVPAADA(A2:A251) na célula E2 da planilha. E chegaria então aos valores pretendidos para a média e o desvio-padrão da amostra, conforme a figura 339 .

|    | A                 | B     | C         | D         | E           |
|----|-------------------|-------|-----------|-----------|-------------|
| 1  | Valor do contrato | ORDEM | OBSERVADA | MÉDIA     | 18034,90484 |
| 2  | 18114,18          | 170   | 0,68      | D. PADRÃO | 8550,869656 |
| 3  | 10459,45          | 20    | 0,08      |           |             |
| 4  | 14469,92          | 112   | 0,448     |           |             |
| 5  | 11503,47          | 55    | 0,22      |           |             |
| 6  | 18375,04          | 175   | 0,7       |           |             |
| 7  | 25886,22          | 207   | 0,828     |           |             |
| 8  | 10837,02          | 33    | 0,132     |           |             |
| 9  | 13096,54          | 84    | 0,336     |           |             |
| 10 | 10555,28          | 23    | 0,092     |           |             |
| 11 | 27526,07          | 215   | 0,86      |           |             |
| 12 | 10283,45          | 14    | 0,056     |           |             |
| 13 | 28673,66          | 218   | 0,872     |           |             |
| 14 | 17876,35          | 165   | 0,66      |           |             |
| 15 | 10083,3           | 4     | 0,016     |           |             |
| 16 | 31244,19          | 231   | 0,924     |           |             |
| 17 | 10068,4           | 2     | 0,008     |           |             |
| 18 | 11388,59          | 49    | 0,196     |           |             |
| 19 | 26663,12          | 212   | 0,848     |           |             |

Figura 339 – Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte IV de VI  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

Tem-se então para o Exemplo prático 2 uma média das 250 observações que é igual (aproximadamente) a 18034,90 sendo que o desvio-padrão dessa amostra completa é de (aproximadamente) 8550,87

**E como é que a partir daí se consegue chegar às probabilidades acumuladas e esperadas caso se estivesse numa distribuição normal de observações ?** No EXCEL, começa-se por acrescentar mais uma coluna à nossa planilha, no caso a coluna “F”, e no seu endereço “F1” digita-se ESPERADA; a partir daí entra-se no separador/aba “Fórmulas”, dentro dele escolher a opção “Mais Funções” dentro desta selecionar a sub-opção “Estatística” e dentro dela escolher a opção DIST.NORM, o que nos abrirá uma janela do tipo da figura 340.

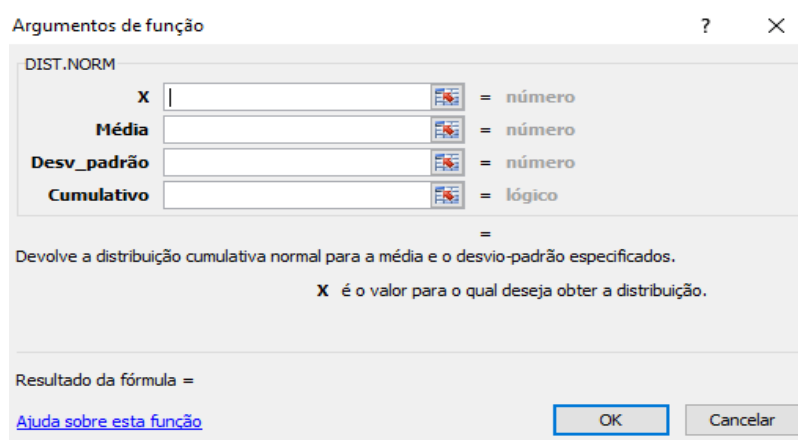


Figura 340 – Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte V de VI

(Fonte: o pesquisador, 2019)

Em seguida preenchem-se os campos dessa janela da seguinte forma: nos campos “Média” e “Desv\_padrão” coloca-se respetivamente como endereços fixos \$E\$1 e \$E\$2, que são aqueles (ver figura 514) onde estão respectivamente os valores da média das 250 observações da amostra completa, e o seu desvio-padrão. No campo “Cumulativo” escolhe-se a opção VERDADEIRO. No campo “X” coloca-se A2, que é o endereço da célula onde está a 1ª das observações da nossa amostra. Se colocarmos o cursor na célula “F2”, que é a correspondente, nessa coluna, à célula onde está a nossa primeira observação na coluna “A”, e que é “A2, ao clicar em “OK” na janela da figura 340 já nos aparece o primeiro valor acumulado esperado caso a distribuição fosse ou seja normal, no endereço “F”2. Arrastando o cursor para baixo, na vertical, até à linha correspondente à nossa 18ª observação, “F19”, obtem-se algo como o que consta na figura 341.



|    | B     | C         | D     | E           | F           |
|----|-------|-----------|-------|-------------|-------------|
| 1  | ORDEM | OBSERVADA | MÉDIA | 18034,90484 | ESPERADA    |
| 2  |       | 170       | 0,68  | D. PADRÃO   | 8550,869656 |
| 3  |       | 20        | 0,08  |             | 0,503698543 |
| 4  |       | 112       | 0,448 |             | 0,187828164 |
| 5  |       | 55        | 0,22  |             | 0,338370333 |
| 6  |       | 175       | 0,7   |             | 0,222483439 |
| 7  |       | 207       | 0,828 |             | 0,51586488  |
| 8  |       | 33        | 0,132 |             | 0,820740058 |
| 9  |       | 84        | 0,336 |             | 0,199957722 |
| 10 |       | 23        | 0,092 |             | 0,281791486 |
| 11 |       | 215       | 0,86  |             | 0,190862879 |
| 12 |       | 14        | 0,056 |             | 0,866492923 |
| 13 |       | 218       | 0,872 |             | 0,182332802 |
| 14 |       | 165       | 0,66  |             | 0,893281922 |
| 15 |       | 4         | 0,016 |             | 0,492603021 |
| 16 |       | 231       | 0,924 |             | 0,176206855 |
| 17 |       | 2         | 0,008 |             | 0,938801286 |
| 18 |       | 49        | 0,196 |             | 0,175756083 |
| 19 |       | 212       | 0,848 |             | 0,218500422 |
|    |       |           |       |             | 0,843523554 |

Figura 341 – Construção de gráfico de probabilidade com excel – Parte VI de VI  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

Dizer que, na caixa de diálogo “Argumentos de função” (ver figura 340), no campo de X digitamos o endereço “A2”, que era o da primeira observação da amostra, e sem símbolos dólar, porque se pretendia que à medida que se fosse depois arrastando o cursor para baixo, esse valor fosse sucessivamente assumindo os valores das células A3, A4, A5, A6 e assim por diante. Já para os campos “Média” e “Desv\_padrão” utilizaram-se os endereços da planilha onde os valores desses parâmetros estavam, mas com sinais de dólar, porque se pretendia que no “cálculo interno”, à medida que o cursor fosse sendo arrastado, o EXCEL, na fórmula de cálculo, usasse sempre esses valores fixos para Média e Desvio-Padrão. Finalmente usou-se o parâmetro VERDADEIRO no último campo porque se pretendia que o EXCEL devolvesse probabilidades ACUMULADAS ESPERADAS caso a distribuição fosse ou seja normal. Assim se obtém através do Excel portanto, valores de probabilidades acumuladas esperadas para uma distribuição normal com um determinado valor de média e outro valor específico de desvio-padrão calculados.

### 3.7.4 CONSTRUÇÃO DE “GRÁFICOS DE DISPERSÃO”, PARA AVALIAÇÃO DA NORMALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO DE UMA VARIÁVEL, ATRAVÉS DO EXCEL

Num gráfico de dispersão, em um eixo ficam os valores/dados das probabilidades acumuladas observadas e no outro eixo ficarão os valores/dados das probabilidades acumuladas para uma distribuição normal com determinados valores de média e desvio-padrão calculados. Não existe nenhuma convenção estabelecida, mas por hipótese pode-se colocar no eixo horizontal as probabilidades acumuladas observadas e no eixo vertical as probabilidades acumuladas esperadas para a distribuição com esse valor de média e esse valor de desvio-padrão.

Então, e com a planilha construída até aqui ao longo do tópico imediatamente anterior, começa-se por colocar o cursor numa área vazia um pouco à direita das células da planilha que já estão preenchidas, seleciona-se o separador/aba “Inserir”, seleciona-se a opção “Dispersão” e o excel automaticamente reservará uma área nessa região da célula escolhida para colocação/construção do gráfico. Pode-se configurar o tamanho do gráfico através dos “pontos-imites” da área reservada ao mesmo.

A seguir, tem que se começar por selecionar os dados que farão parte do gráfico. Para isso, clica-se numa região mais ou menos a meio da área reservada ao mesmo com o botão direito do rato e seleciona-se a opção “SELECIONAR DADOS”. Abrir-se-á uma caixa de diálogo do tipo da figura 342 onde clicaremos naquele seu “separador/aba ativo/a que diz “Adicionar”.

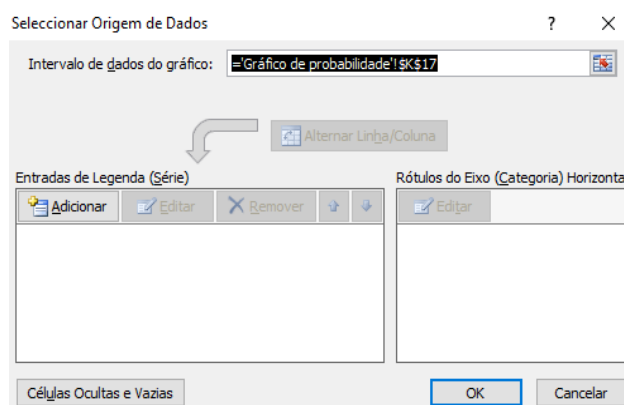


Figura 342 – Construção de gráficos de dispersão, parte I de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Ao fazê-lo abrir-se-á uma outra caixa de diálogo ” do tipo da figura 343.

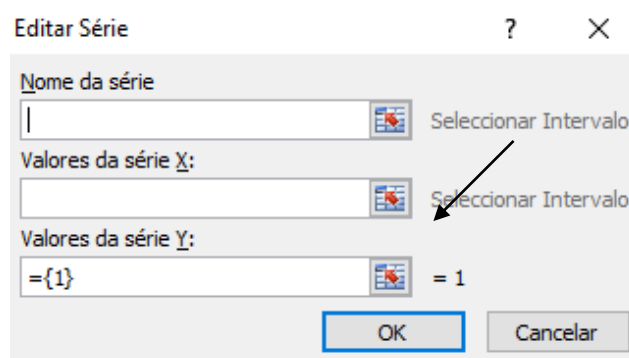


Figura 343 – Construção de gráficos de dispersão, parte II de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Clicando-se naquele ícone de “Seleccionar Intervalo” para onde a seta da figura 343 aponta, abrir-se-á uma terceira caixa de diálogo mais pequena, com o aspecto da figura 344.

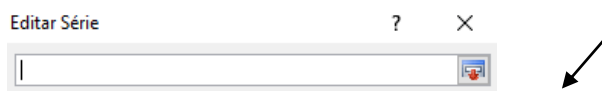


Figura 344 – Construção de gráficos de dispersão, parte III de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

É neste momento que devemos, com o cursor, selecionar as células correspondentes a todos os dados numéricos da coluna referente às probabilidades observadas. Se a coluna estivesse preenchida com os valores da amostra completa corresponderia a selecionar verticalmente na coluna “C” todas as células desde “C2” até “C251”. Depois de fazê-lo clicaríamos sobre aquele ícone da figura 344 para onde a seta aponta, e seremos remetidos de novo para a caixa de diálogo da figura 343, onde clicaremos agora no ícone para onde a seta na figura 345 aponta. Ao fazê-lo de novo seremos remetidos para a caixa de diálogo da figura 346, e é neste momento que deveremos clicar com o cursor de forma a selecionar todos os dados numéricos da coluna de valores das probabilidades esperadas para um distribuição normal com a média e o desvio-padrão anteriormente determinados.

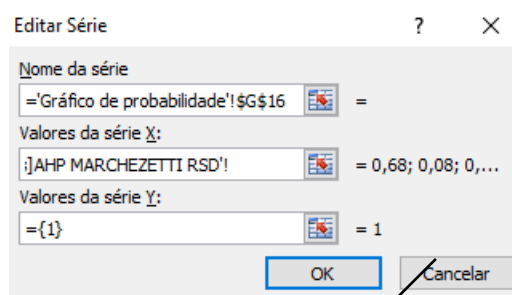


Figura 345 – Construção de gráficos de dispersão, parte IV de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)



Figura 346 – Construção de gráficos de dispersão, parte V de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

A seguir clicamos no ícone para onde a seta da figura 346 está apontando, e será então a altura em que o excel já nos dará um aspecto aproximado daquilo que será o gráfico, donde, a seguir clicamos sobre o botão “OK” naquela caixa de diálogo do tipo da figura 340, e a seguir damos “OK” também na caixa de diálogo semelhante à da figura 342, que neste entretanto se abriu de novo.

Só que para o que se pretende neste momento o gráfico ainda está incompleto e por outro lado poderá carecer de alguns ajustes. Em se tratando de probabilidades o valor máximo em cada eixo não deverá ultrapassar a unidade. Se isso acontecer clica-se com o rato primeiro sobre o eixo e depois de este estar selecionado clica-se de novo com o rato mas com seu botão direito, seleciona-se a opção “Formatar eixo” e abrir-se-á uma caixa de diálogo do tipo da figura 347.

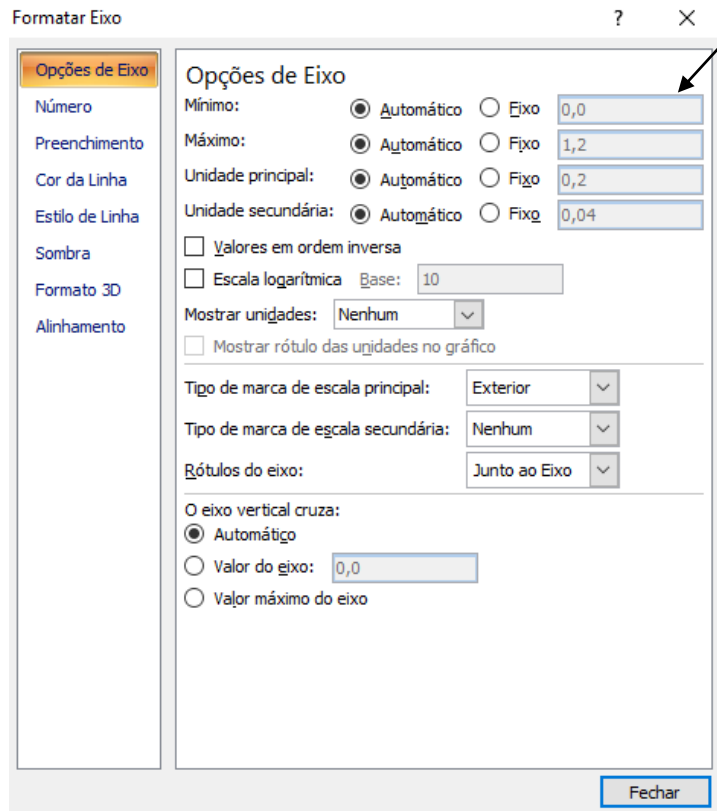


Figura 347 – Construção de gráficos de dispersão, parte VI de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

E a seguir, onde nessa figura, em “Máximo”, onde está selecionada a opção “Automático” dever-se-á mudar a seleção para “Fixo” e definir como valor máximo 1,0; clica-se depois em “fechar”. Se para o outro eixo algo de semelhante acontecer repete-se esta sequência de procedimentos.

Mais importante que isso, falta uma reta para fazer a comparação com o conjunto dos pontos da curva do gráfico (ainda só há uma nuvem de pontos). Haverá então que clicar sobre um desses pontos dessa “nuvem”, estes ficarão “ativos”/selecionados, clica-se com o botão direito do rato num deles e abre-se entre outras opções uma que é “Adicionar linha de tendência”, que deverá ser selecionada. Com isso, abre-se uma caixa de diálogo do tipo da figura 348.

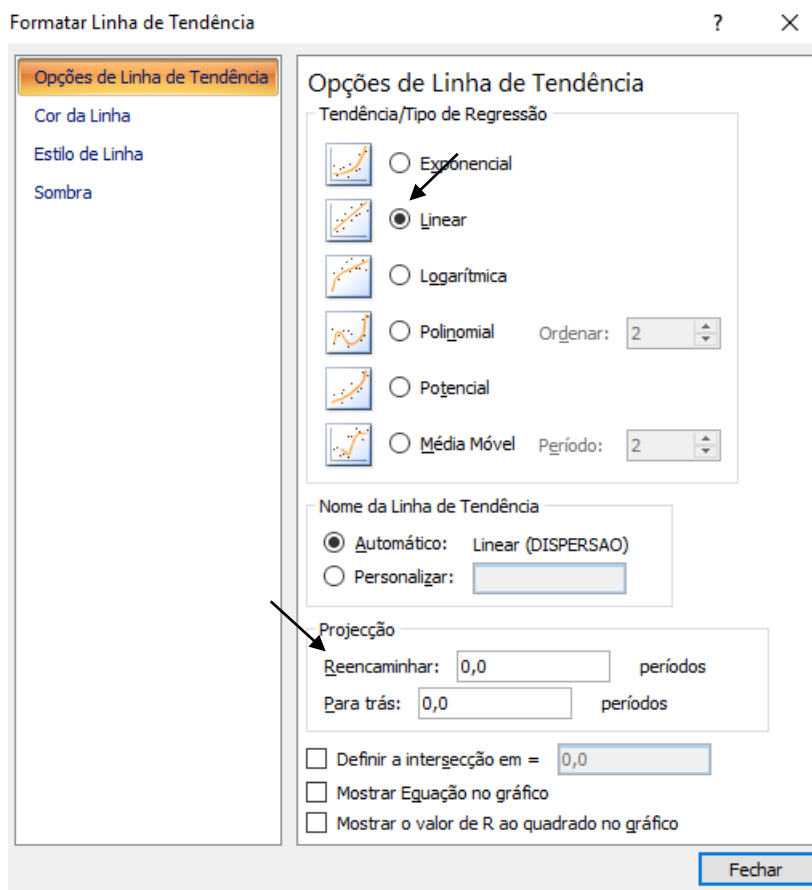


Figura 348 – Construção de gráficos de dispersão, parte VII de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Neste momento o gráfico que se pretende já praticamente está concluído, faltam apenas alguns aperfeiçoamentos de configuração/formatação.

Para definirmos esses detalhes clicamos primeiro com o rato em um ponto qualquer da área do gráfico, vamos lá em cima na planilha, clicamos onde se tem o separador "Esquema/Layout" e abrem-se várias opções. Pode-se começar pela que diz "Título do Gráfico", e ela por sua vez nos abrirá várias opções de localização para a colocação desse título, escolha-se por hipótese "Acima" (acima do gráfico). O Excel automaticamente abrirá uma caixa de texto, e clicando dentro dela podemos atribuir para Título do Gráfico, digitando, "Gráfico de Probabilidade Normal – Valor de Contrato". Clicamos fora dessa área reservada para o título do gráfico e já se tem o pretendido; a seguir, ainda no separador "Esquema/Layout" temos uma outra opção para "Título do Eixos". Clicando em cima abrem-se-nos as opções "Título do Eixo Principal Horizontal" e "Título do Eixo Vertical Principal". Começamos por escolher a primeira delas. Ao fazê-lo abrem-se várias possíveis localizações para esse "Título do Eixo Horizontal Principal". Escolha-se por exemplo "Abaixo do Eixo" e automaticamente o Excel abre uma pequena caixa de diálogo na localização pretendida, clicamos dentro dela e digitamos o nome pretendido para esse eixo, por

hipótese “Probabilidade Acumulada Observada”. A seguir clica-se fora da área da caixa de texto e o título do eixo horizontal do gráfico assume o nome que se pretendia. De modo semelhante podemos escolher a opção “Título do Eixo Principal Vertical, abrem-se vários posicionamentos possíveis para ele, escolhe-se por hipótese vertical e de modo semelhante através da pequena caixa de texto que o excel abre poderíamos dar ao eixo vertical o título de “Probabilidade Acumulada Esperada”.

Seguindo a mesma sequência de passos e procedimentos descritos desde o início do tópico imediatamente anterior e até agora, mas com a amostra completa dos 250 dados, se chegaria às figuras 349, 350, 351, 352, 353 e 354.

|    | A                 | B     | C         | D         | E           | F           |
|----|-------------------|-------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 1  | Valor do contrato | ORDEM | OBSERVADA | MÉDIA     | 18034,90484 | ESPERADA    |
| 2  | 18114,18          | 170   | 0,68      | D. PADRÃO | 8550,869656 | 0,503698543 |
| 3  | 10459,45          | 20    | 0,08      |           |             | 0,187828164 |
| 4  | 14469,92          | 112   | 0,448     |           |             | 0,338370333 |
| 5  | 11503,47          | 55    | 0,22      |           |             | 0,222483439 |
| 6  | 18375,04          | 175   | 0,7       |           |             | 0,51586488  |
| 7  | 25886,22          | 207   | 0,828     |           |             | 0,820740058 |
| 8  | 10837,02          | 33    | 0,132     |           |             | 0,199957722 |
| 9  | 13096,54          | 84    | 0,336     |           |             | 0,281791486 |
| 10 | 10555,28          | 23    | 0,092     |           |             | 0,190862879 |
| 11 | 27526,07          | 215   | 0,86      |           |             | 0,866492923 |
| 12 | 10283,45          | 14    | 0,056     |           |             | 0,182332802 |
| 13 | 28673,66          | 218   | 0,872     |           |             | 0,893281922 |
| 14 | 17876,35          | 165   | 0,66      |           |             | 0,492603021 |
| 15 | 10083,3           | 4     | 0,016     |           |             | 0,176206855 |
| 16 | 31244,19          | 231   | 0,924     |           |             | 0,938801286 |
| 17 | 10068,4           | 2     | 0,008     |           |             | 0,175756083 |
| 18 | 11388,59          | 49    | 0,196     |           |             | 0,218500422 |
| 19 | 26663,12          | 212   | 0,848     |           |             | 0,843523554 |
| 20 | 23301,33          | 201   | 0,804     |           |             | 0,731017599 |
| 21 | 11056,99          | 40    | 0,16      |           |             | 0,207236517 |
| 22 | 20156,99          | 185   | 0,74      |           |             | 0,597999278 |
| 23 | 10679,98          | 28    | 0,112     |           |             | 0,194856588 |
| 24 | 13741,68          | 97    | 0,388     |           |             | 0,307805451 |
| 25 | 17997,54          | 169   | 0,676     |           |             | 0,498256743 |
| 26 | 13117,14          | 85    | 0,34      |           |             | 0,282605519 |
| 27 | 10578,21          | 25    | 0,1       |           |             | 0,191593455 |
| 28 | 10727,4           | 29    | 0,116     |           |             | 0,196388528 |
| 29 | 13401,32          | 89    | 0,356     |           |             | 0,293948993 |
| 30 | 29622,08          | 222   | 0,888     |           |             | 0,912305133 |
| 31 | 11033,16          | 36    | 0,144     |           |             | 0,206440497 |
| 32 | 26948,01          | 213   | 0,852     |           |             | 0,851378158 |
| 33 | 12364,42          | 72    | 0,288     |           |             | 0,253618158 |
| 34 | 20172,69          | 186   | 0,744     |           |             | 0,598709389 |
| 35 | 20117,81          | 183   | 0,732     |           |             | 0,59622576  |
| 36 | 14070,09          | 105   | 0,42      |           |             | 0,32144071  |
| 37 | 10185,79          | 10    | 0,04      |           |             | 0,179327296 |
| 38 | 15263,93          | 125   | 0,5       |           |             | 0,372947189 |
| 39 | 24247,09          | 204   | 0,816     |           |             | 0,766233071 |
| 40 | 21992,95          | 195   | 0,78      |           |             | 0,678275588 |
| 41 | 10555,9           | 24    | 0,096     |           |             | 0,19088261  |
| 42 | 11957,98          | 64    | 0,256     |           |             | 0,238641539 |
| 43 | 11292,01          | 44    | 0,176     |           |             | 0,215183889 |
| 44 | 11043,72          | 37    | 0,148     |           |             | 0,206793021 |
| 45 | 15525,78          | 129   | 0,516     |           |             | 0,38459482  |
| 46 | 22621,31          | 199   | 0,796     |           |             | 0,704147568 |
| 47 | 16338,35          | 144   | 0,576     |           |             | 0,421363209 |
| 48 | 15074,23          | 123   | 0,492     |           |             | 0,364580223 |
| 49 | 12013,29          | 68    | 0,272     |           |             | 0,24065075  |
| 50 | 10070,37          | 3     | 0,012     |           |             | 0,17581564  |
| 51 | 14436,92          | 111   | 0,444     |           |             | 0,336960008 |

Figura 349 – Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte I de V (Fonte: o pesquisador, 2019)

|     | A        | B   | C     | D | E | F           |
|-----|----------|-----|-------|---|---|-------------|
| 52  | 12776,63 | 79  | 0,316 |   |   | 0,263297055 |
| 53  | 15626,07 | 131 | 0,524 |   |   | 0,389084317 |
| 54  | 21749,27 | 191 | 0,764 |   |   | 0,667995371 |
| 55  | 13783,63 | 98  | 0,392 |   |   | 0,309532981 |
| 56  | 11585,43 | 58  | 0,232 |   |   | 0,225352319 |
| 57  | 17487,38 | 160 | 0,64  |   |   | 0,47447258  |
| 58  | 13434,57 | 91  | 0,364 |   |   | 0,295289858 |
| 59  | 11882,85 | 61  | 0,244 |   |   | 0,235927107 |
| 60  | 10110,58 | 6   | 0,024 |   |   | 0,177034055 |
| 61  | 11398,47 | 50  | 0,2   |   |   | 0,21884135  |
| 62  | 11302,79 | 46  | 0,184 |   |   | 0,215552616 |
| 63  | 10944,46 | 34  | 0,136 |   |   | 0,203493514 |
| 64  | 13500,9  | 92  | 0,368 |   |   | 0,297973106 |
| 65  | 17329,4  | 156 | 0,624 |   |   | 0,466842886 |
| 66  | 11298,43 | 45  | 0,18  |   |   | 0,215403439 |
| 67  | 26621,9  | 210 | 0,84  |   |   | 0,842364859 |
| 68  | 10094,75 | 5   | 0,02  |   |   | 0,17655375  |
| 69  | 27069,3  | 214 | 0,856 |   |   | 0,854640796 |
| 70  | 18821,54 | 182 | 0,728 |   |   | 0,582753212 |
| 71  | 15910,9  | 135 | 0,54  |   |   | 0,401913877 |
| 72  | 16167,51 | 138 | 0,552 |   |   | 0,413563976 |
| 73  | 11488,82 | 54  | 0,216 |   |   | 0,221973216 |
| 74  | 20143,26 | 184 | 0,736 |   |   | 0,597378005 |
| 75  | 10253,46 | 12  | 0,048 |   |   | 0,181406523 |
| 76  | 11433,62 | 51  | 0,204 |   |   | 0,220056747 |
| 77  | 14888,46 | 118 | 0,472 |   |   | 0,356448616 |
| 78  | 12995,05 | 80  | 0,32  |   |   | 0,277797576 |
| 79  | 14994,83 | 121 | 0,484 |   |   | 0,361096981 |
| 80  | 14861,26 | 117 | 0,468 |   |   | 0,35526336  |
| 81  | 15519,43 | 128 | 0,512 |   |   | 0,384311075 |
| 82  | 17115,4  | 153 | 0,612 |   |   | 0,45718288  |
| 83  | 29724,93 | 224 | 0,896 |   |   | 0,914205424 |
| 84  | 34130,11 | 238 | 0,952 |   |   | 0,970101585 |
| 85  | 10541,73 | 22  | 0,088 |   |   | 0,190431965 |
| 86  | 21348,26 | 188 | 0,752 |   |   | 0,650802334 |
| 87  | 16481,89 | 146 | 0,584 |   |   | 0,427940206 |
| 88  | 18241,34 | 173 | 0,692 |   |   | 0,509630332 |
| 89  | 10131,84 | 9   | 0,036 |   |   | 0,177680411 |
| 90  | 11889    | 63  | 0,252 |   |   | 0,236148664 |
| 91  | 14147    | 106 | 0,424 |   |   | 0,324669928 |
| 92  | 11991,31 | 66  | 0,264 |   |   | 0,233851196 |
| 93  | 17405,46 | 157 | 0,628 |   |   | 0,470659644 |
| 94  | 10338,99 | 15  | 0,06  |   |   | 0,184056013 |
| 95  | 12430,89 | 76  | 0,304 |   |   | 0,256113599 |
| 96  | 12364,42 | 72  | 0,288 |   |   | 0,253618158 |
| 97  | 33162,64 | 234 | 0,936 |   |   | 0,961565227 |
| 98  | 13729,82 | 96  | 0,384 |   |   | 0,307317818 |
| 99  | 16514,02 | 147 | 0,588 |   |   | 0,429415215 |
| 100 | 14290,72 | 107 | 0,428 |   |   | 0,328200113 |
| 101 | 29691,27 | 223 | 0,892 |   |   | 0,912476198 |
| 102 | 14739,99 | 116 | 0,464 |   |   | 0,349996112 |

Figura 350 – Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte II de V (Fonte: o pesquisador, 2019)

|     | A        | B   | C     | D | E | F           |
|-----|----------|-----|-------|---|---|-------------|
| 103 | 30623,82 | 230 | 0,92  |   |   | 0,323521689 |
| 104 | 23385,38 | 202 | 0,808 |   |   | 0,734251653 |
| 105 | 12364,42 | 72  | 0,288 |   |   | 0,253618158 |
| 106 | 17737,03 | 164 | 0,656 |   |   | 0,486105409 |
| 107 | 13362,63 | 88  | 0,352 |   |   | 0,292332304 |
| 108 | 18897,51 | 179 | 0,716 |   |   | 0,540176835 |
| 109 | 12769,45 | 78  | 0,312 |   |   | 0,269019852 |
| 110 | 15712,71 | 133 | 0,532 |   |   | 0,392974753 |
| 111 | 11056,46 | 39  | 0,156 |   |   | 0,207218793 |
| 112 | 10731,41 | 30  | 0,12  |   |   | 0,196518408 |
| 113 | 12376,46 | 75  | 0,3   |   |   | 0,254069219 |
| 114 | 13857,9  | 99  | 0,396 |   |   | 0,312601796 |
| 115 | 18125,07 | 171 | 0,684 |   |   | 0,504206593 |
| 116 | 18834,2  | 177 | 0,708 |   |   | 0,537237017 |
| 117 | 29599,1  | 221 | 0,884 |   |   | 0,911876287 |
| 118 | 38346,72 | 240 | 0,96  |   |   | 0,99123525  |
| 119 | 26381,44 | 209 | 0,836 |   |   | 0,835493451 |
| 120 | 13327,74 | 87  | 0,348 |   |   | 0,290991803 |
| 121 | 18189,8  | 172 | 0,688 |   |   | 0,507226265 |
| 122 | 13030,48 | 82  | 0,328 |   |   | 0,279188699 |
| 123 | 29763,4  | 225 | 0,9   |   |   | 0,914908231 |
| 124 | 14024,76 | 103 | 0,412 |   |   | 0,319543722 |
| 125 | 11302,79 | 46  | 0,184 |   |   | 0,215552616 |
| 126 | 23585,7  | 203 | 0,812 |   |   | 0,741879216 |
| 127 | 15126,28 | 124 | 0,496 |   |   | 0,366869736 |
| 128 | 33949,92 | 237 | 0,948 |   |   | 0,968643158 |
| 129 | 14893,1  | 119 | 0,476 |   |   | 0,356650345 |
| 130 | 11957,98 | 64  | 0,256 |   |   | 0,238641539 |
| 131 | 11570,93 | 57  | 0,228 |   |   | 0,224841518 |
| 132 | 23201,18 | 200 | 0,8   |   |   | 0,727138429 |
| 133 | 17888,65 | 167 | 0,668 |   |   | 0,493176788 |
| 134 | 11060,68 | 41  | 0,164 |   |   | 0,20735994  |
| 135 | 16944,58 | 151 | 0,604 |   |   | 0,44926822  |
| 136 | 10255,68 | 13  | 0,052 |   |   | 0,181474989 |
| 137 | 12901    | 71  | 0,284 |   |   | 0,251249181 |
| 138 | 14290,72 | 107 | 0,428 |   |   | 0,328200113 |
| 139 | 21769,9  | 192 | 0,768 |   |   | 0,668870753 |
| 140 | 15460,7  | 126 | 0,504 |   |   | 0,381689721 |
| 141 | 43907,57 | 246 | 0,984 |   |   | 0,998759852 |
| 142 | 14373,06 | 110 | 0,44  |   |   | 0,334237329 |
| 143 | 10785,35 | 31  | 0,124 |   |   | 0,198270527 |
| 144 | 42504    | 243 | 0,972 |   |   | 0,9978324   |
| 145 | 11447,83 | 52  | 0,208 |   |   | 0,22054919  |
| 146 | 12003,01 | 67  | 0,268 |   |   | 0,24027662  |
| 147 | 11761,03 | 60  | 0,24  |   |   | 0,231562171 |
| 148 | 14258,39 | 109 | 0,436 |   |   | 0,329370264 |
| 149 | 42936,59 | 244 | 0,976 |   |   | 0,99820543  |
| 150 | 14030,28 | 104 | 0,416 |   |   | 0,319774474 |
| 151 | 31707,56 | 232 | 0,928 |   |   | 0,94508729  |
| 152 | 21965,46 | 194 | 0,776 |   |   | 0,677122478 |
| 153 | 15560,12 | 130 | 0,52  |   |   | 0,386130347 |

Figura 351 – Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte III de V (Fonte: o pesquisador, 2019)



|     | A        | B   | C     | D | E | F           |
|-----|----------|-----|-------|---|---|-------------|
| 154 | 17220,4  | 155 | 0,62  |   |   | 0,462056526 |
| 155 | 43727,15 | 245 | 0,98  |   |   | 0,938670503 |
| 156 | 16552,02 | 148 | 0,592 |   |   | 0,431160973 |
| 157 | 22183,27 | 197 | 0,788 |   |   | 0,686211325 |
| 158 | 16107,9  | 137 | 0,548 |   |   | 0,410850484 |
| 159 | 16574,32 | 149 | 0,596 |   |   | 0,432186087 |
| 160 | 14622,64 | 115 | 0,46  |   |   | 0,344926445 |
| 161 | 16304,96 | 150 | 0,6   |   |   | 0,447435256 |
| 162 | 10529,55 | 21  | 0,084 |   |   | 0,190045129 |
| 163 | 16308,94 | 140 | 0,56  |   |   | 0,420018285 |
| 164 | 29481,42 | 220 | 0,88  |   |   | 0,909655651 |
| 165 | 30079,15 | 228 | 0,912 |   |   | 0,92051444  |
| 166 | 17647,54 | 162 | 0,648 |   |   | 0,481933607 |
| 167 | 11882,85 | 61  | 0,244 |   |   | 0,235927107 |
| 168 | 15800,99 | 134 | 0,536 |   |   | 0,336349855 |
| 169 | 11258,89 | 43  | 0,172 |   |   | 0,214053319 |
| 170 | 18846,66 | 178 | 0,712 |   |   | 0,537815766 |
| 171 | 16426,46 | 145 | 0,58  |   |   | 0,425397927 |
| 172 | 13699,6  | 94  | 0,376 |   |   | 0,306076838 |
| 173 | 16292,18 | 139 | 0,556 |   |   | 0,419252264 |
| 174 | 44934    | 248 | 0,992 |   |   | 0,999171757 |
| 175 | 19481,75 | 180 | 0,72  |   |   | 0,567182083 |
| 176 | 17407,03 | 158 | 0,632 |   |   | 0,470732695 |
| 177 | 16994,91 | 152 | 0,608 |   |   | 0,451598223 |
| 178 | 14893,1  | 119 | 0,476 |   |   | 0,356650945 |
| 179 | 45783,16 | 249 | 0,996 |   |   | 0,999412912 |
| 180 | 12149,2  | 69  | 0,276 |   |   | 0,245626741 |
| 181 | 17463,68 | 159 | 0,636 |   |   | 0,473369217 |
| 182 | 10629,08 | 27  | 0,108 |   |   | 0,193220336 |
| 183 | 19485,49 | 181 | 0,724 |   |   | 0,567354087 |
| 184 | 27881,14 | 216 | 0,864 |   |   | 0,875234509 |
| 185 | 11452,59 | 53  | 0,212 |   |   | 0,220714287 |
| 186 | 10114,59 | 7   | 0,028 |   |   | 0,177155855 |
| 187 | 22021,59 | 196 | 0,784 |   |   | 0,679475114 |
| 188 | 40450,96 | 242 | 0,968 |   |   | 0,995622737 |
| 189 | 26304,07 | 208 | 0,832 |   |   | 0,833241844 |
| 190 | 14510,75 | 113 | 0,452 |   |   | 0,340118431 |
| 191 | 10358,05 | 17  | 0,068 |   |   | 0,184649707 |
| 192 | 30280,52 | 229 | 0,916 |   |   | 0,923340971 |
| 193 | 17529,37 | 161 | 0,644 |   |   | 0,476427919 |
| 194 | 18331,44 | 174 | 0,696 |   |   | 0,513832126 |
| 195 | 15059,34 | 122 | 0,488 |   |   | 0,363926143 |
| 196 | 10435,6  | 18  | 0,072 |   |   | 0,187077546 |
| 197 | 65646,4  | 250 | 1     |   |   | 0,999999987 |
| 198 | 14568,92 | 114 | 0,456 |   |   | 0,342614864 |
| 199 | 11683,27 | 59  | 0,236 |   |   | 0,228799658 |
| 200 | 27928,74 | 217 | 0,868 |   |   | 0,876375262 |
| 201 | 16315,93 | 142 | 0,568 |   |   | 0,420337855 |
| 202 | 11122,1  | 42  | 0,168 |   |   | 0,209420693 |
| 203 | 16082    | 136 | 0,544 |   |   | 0,409672817 |
| 204 | 17218,86 | 154 | 0,616 |   |   | 0,461985002 |

Figura 352 – Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte IV de V(Fonte: o pesquisador, 2019)

|     | A        | B   | C     | D | E | F           |
|-----|----------|-----|-------|---|---|-------------|
| 205 | 11050,86 | 38  | 0,152 |   |   | 0,207031576 |
| 206 | 10451,52 | 19  | 0,076 |   |   | 0,187578381 |
| 207 | 22222,25 | 138 | 0,732 |   |   | 0,687826249 |
| 208 | 35721,8  | 233 | 0,956 |   |   | 0,980700306 |
| 209 | 13950,05 | 102 | 0,408 |   |   | 0,316427526 |
| 210 | 10224,26 | 11  | 0,044 |   |   | 0,18050748  |
| 211 | 17966,31 | 168 | 0,672 |   |   | 0,436827723 |
| 212 | 10618,53 | 26  | 0,104 |   |   | 0,192882243 |
| 213 | 44215,46 | 247 | 0,988 |   |   | 0,998893734 |
| 214 | 16335,54 | 143 | 0,572 |   |   | 0,421234667 |
| 215 | 15480,22 | 127 | 0,508 |   |   | 0,382560381 |
| 216 | 31819,08 | 233 | 0,932 |   |   | 0,946521235 |
| 217 | 33196,52 | 235 | 0,94  |   |   | 0,961913962 |
| 218 | 24304,1  | 205 | 0,82  |   |   | 0,768270986 |
| 219 | 13336,23 | 101 | 0,404 |   |   | 0,315852504 |
| 220 | 18387,9  | 176 | 0,704 |   |   | 0,516464373 |
| 221 | 26621,9  | 210 | 0,84  |   |   | 0,842364859 |
| 222 | 13416,36 | 30  | 0,36  |   |   | 0,294555159 |
| 223 | 21204,82 | 187 | 0,748 |   |   | 0,644574199 |
| 224 | 29478,37 | 219 | 0,876 |   |   | 0,90959755  |
| 225 | 13091,19 | 83  | 0,332 |   |   | 0,28158026  |
| 226 | 12713,29 | 77  | 0,308 |   |   | 0,266856601 |
| 227 | 13718,94 | 95  | 0,38  |   |   | 0,306870777 |
| 228 | 11513,53 | 56  | 0,224 |   |   | 0,222834192 |
| 229 | 17647,54 | 162 | 0,648 |   |   | 0,481933607 |
| 230 | 29829,68 | 226 | 0,904 |   |   | 0,916108965 |
| 231 | 21402,38 | 189 | 0,756 |   |   | 0,653141808 |
| 232 | 10934,16 | 35  | 0,14  |   |   | 0,205141652 |
| 233 | 15634,53 | 132 | 0,528 |   |   | 0,392157507 |
| 234 | 33845,36 | 236 | 0,944 |   |   | 0,967770225 |
| 235 | 10792,11 | 32  | 0,128 |   |   | 0,198490774 |
| 236 | 11365,54 | 48  | 0,192 |   |   | 0,217706228 |
| 237 | 17877,17 | 166 | 0,664 |   |   | 0,492641272 |
| 238 | 19673,78 | 93  | 0,372 |   |   | 0,305018309 |
| 239 | 21874,51 | 193 | 0,772 |   |   | 0,673295336 |
| 240 | 29854,38 | 227 | 0,908 |   |   | 0,916553162 |
| 241 | 10121,17 | 8   | 0,032 |   |   | 0,177355831 |
| 242 | 24539,96 | 206 | 0,824 |   |   | 0,776596137 |
| 243 | 12245,33 | 70  | 0,28  |   |   | 0,249179379 |
| 244 | 13881,27 | 100 | 0,4   |   |   | 0,313570145 |
| 245 | 39395,22 | 241 | 0,964 |   |   | 0,99375569  |
| 246 | 21517,57 | 190 | 0,76  |   |   | 0,658101701 |
| 247 | 16308,94 | 140 | 0,56  |   |   | 0,420018285 |
| 248 | 13025,23 | 81  | 0,324 |   |   | 0,27898235  |
| 249 | 13317,33 | 86  | 0,344 |   |   | 0,290574549 |
| 250 | 10062,4  | 1   | 0,004 |   |   | 0,175574771 |
| 251 | 10345,82 | 16  | 0,064 |   |   | 0,184268622 |

Figura 353 – Dados completos para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático, parte V de V(Fonte: o pesquisador, 2019)

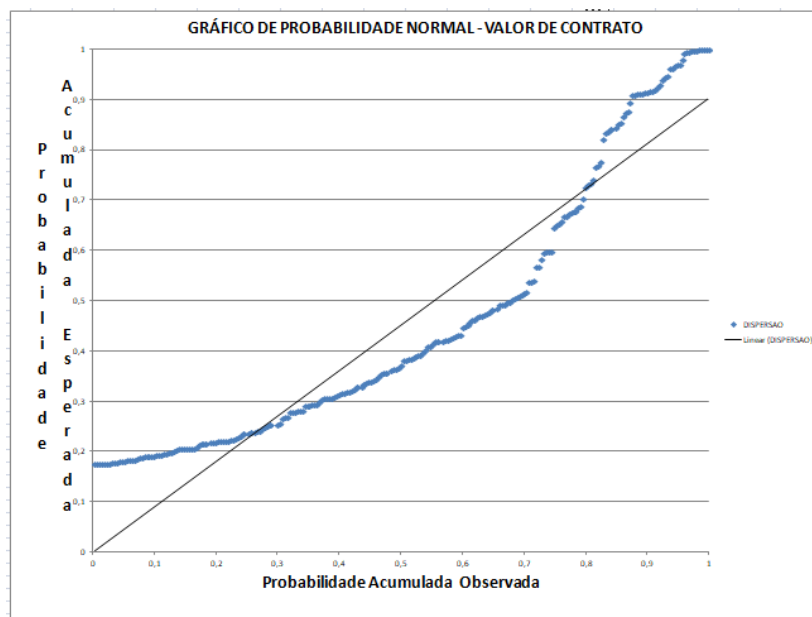


Figura 354 – Gráfico de probabilidade normal do exemplo prático (Fonte: o pesquisador, 2019)

Como se deve interpretar o gráfico da figura 354? Ora, teóricamente, e para seguirem uma **Distribuição Normal com os valores de média e desvio-padrão** anteriormente calculados na planilha, para o presente exemplo prático, os pontos da curva azul do gráfico da figura acima deveriam estar exatamente (na prática, basicamente justapostos) sobre aquela reta inclinada do gráfico que parte da sua origem. E pode-se perfeitamente verificar que não é isso que acontece, em certos trechos eles chegam a ficar bem distantes dessa reta. Então, **daí se conclui que a variável “Valor de contrato” não segue uma distribuição normal com os valores de média e desvio-padrão da amostra completa previamente calculados.**

A construção expedita de gráficos de avaliação de probabilidade normal em excel tem algumas vantagens em relação aos testes não paramétricos (Ex<sup>o</sup>: teste de Shapito-Wilk), como sejam: **1-** Não é preciso fazer nenhuma suposição de distribuição, apenas se constroem os gráficos em excel de acordo com a sequência de passos anteriormente descrita; **2 –** A construção de gráficos de avaliação de probabilidade normal em excel é válida para qualquer tipo de tamanho de amostras (havia-se visto que o teste não paramétrico de Shapito-Wilk apenas era adequado a pequenas – amostras com um n<sup>o</sup> de dados até N=30).

**E como ficaria num caso em que houvesse normalidade?** Agora sem detalhar como no exemplo prático anterior, apresentando descrição sucinta do problema e passando diretamente para o gráfico de avaliação de normalidade da distribuição, no final, teríamos o seguinte **exemplo prático 2:** tratava-se de partir de um conjunto de 1500 observações de

resultados obtidos numa amostra completa de 1500 alunos, no exame do ENEM, e tentar determinar se essa amostra seguia um distribuição normal com os respectivos resultados de média e desvio-padrão da amostra. E teríamos o que consta das figuras 355, 356 e 357.

| U      | V     | W           | X             | Y          | Z           |
|--------|-------|-------------|---------------|------------|-------------|
| ENEM   | ORDEM | OBSERVADA   | MÉDIA         | 493,875    | ESPERADA    |
| 585    | 1278  | 0,852       | DESVIO-PADRÃO | 88,5588674 | 0,848254658 |
| 528,3  | 979   | 0,652666667 |               |            | 0,651260016 |
| 625,23 | 1401  | 0,934       |               |            | 0,930996089 |
| 590,4  | 1309  | 0,872666667 |               |            | 0,862133068 |
| 542,88 | 1063  | 0,708666667 |               |            | 0,70999179  |
| 600,3  | 1332  | 0,888       |               |            | 0,885268444 |
| 577,98 | 1250  | 0,833333333 |               |            | 0,828869492 |
| 419,49 | 292   | 0,194666667 |               |            | 0,200468276 |
| 368,37 | 105   | 0,07        |               |            | 0,078213265 |
| 678,15 | 1470  | 0,98        |               |            | 0,981274775 |
| 475,74 | 636   | 0,424       |               |            | 0,418872381 |
| 669,69 | 1460  | 0,973333333 |               |            | 0,976443871 |
| 469,71 | 590   | 0,393333333 |               |            | 0,392476826 |
| 445,05 | 440   | 0,293333333 |               |            | 0,290704359 |
| 468,54 | 582   | 0,388       |               |            | 0,387408082 |
| 496,71 | 780   | 0,52        |               |            | 0,512769    |
| 333,72 | 52    | 0,034666667 |               |            | 0,035267617 |
| 604,35 | 1344  | 0,896       |               |            | 0,893888365 |
| 389,97 | 164   | 0,109333333 |               |            | 0,120340294 |
| 433,89 | 364   | 0,242666667 |               |            | 0,249093206 |

Figura 355 – Início da série de dados para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| U      | V    | W           | X | Y | Z           |
|--------|------|-------------|---|---|-------------|
| 521,28 | 938  | 0,625333333 |   |   | 0,621512348 |
| 608,4  | 1357 | 0,904666667 |   |   | 0,902030365 |
| 453,42 | 487  | 0,324666667 |   |   | 0,323902089 |
| 382,59 | 139  | 0,092666667 |   |   | 0,104445315 |
| 486,9  | 716  | 0,477333333 |   |   | 0,468611295 |
| 366,57 | 101  | 0,067333333 |   |   | 0,075285376 |
| 426,06 | 327  | 0,218       |   |   | 0,221909016 |
| 418,77 | 290  | 0,193333333 |   |   | 0,198196723 |
| 484,02 | 692  | 0,461333333 |   |   | 0,4556964   |
| 470,34 | 593  | 0,395333333 |   |   | 0,395213785 |
| 428,22 | 336  | 0,224       |   |   | 0,22923418  |
| 661,86 | 1450 | 0,966666667 |   |   | 0,971077705 |
| 576,36 | 1245 | 0,83        |   |   | 0,824180365 |
| 391,41 | 171  | 0,114       |   |   | 0,123630666 |
| 682,29 | 1473 | 0,982       |   |   | 0,983313535 |
| 504,36 | 831  | 0,554       |   |   | 0,547122982 |
| 509,13 | 865  | 0,576666667 |   |   | 0,568382767 |
| 524,16 | 954  | 0,636       |   |   | 0,633815492 |
| 590,31 | 1308 | 0,872       |   |   | 0,861909098 |
| 708,84 | 1482 | 0,988       |   |   | 0,992395599 |
| 462,33 | 539  | 0,359333333 |   |   | 0,360843995 |

Figura 356 – Parte final da série de dados para construção do gráfico de probabilidade normal / gráfico de dispersão do exemplo prático 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

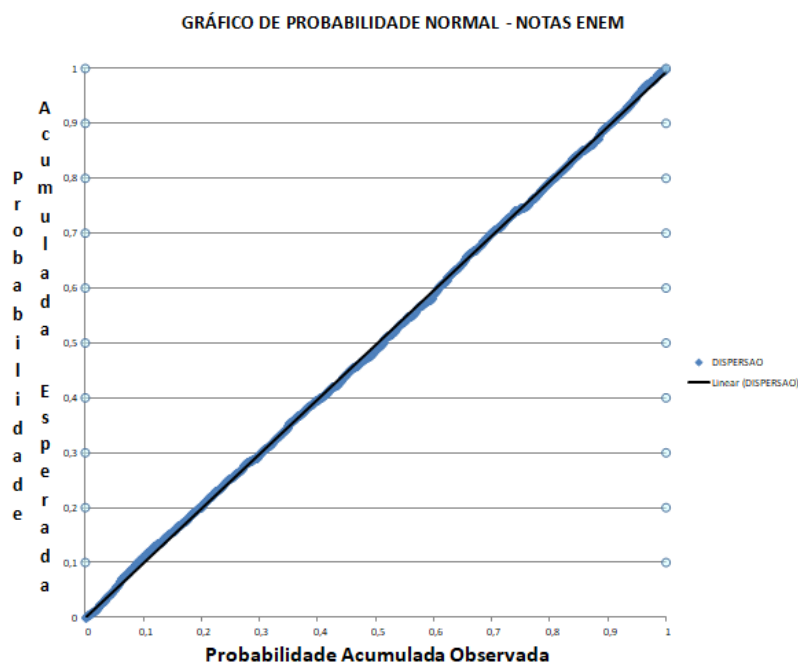


Figura 357 – Gráfico de probabilidade normal do exemplo prático 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

Note-se que agora, no exemplo prático 2, existe praticamente a superposição dos valores da curva a azul, do gráfico da figura anterior, com a reta representada a negro, e que passa pela origem do gráfico, reta da regressão linear ou reta que representa a distribuição normal da amostra completa daquele conjunto de 1500 observações de notas obtidas pelos alunos no exame do ENEM. Ou seja, **pode-se afirmar que esse conjunto de 1500 resultados de notas do ENEM obtidas pelos alunos segue uma distribuição normal, com os valores de média e desvio-padrão que correspondem à amostra completa.**

Pode-se usar esta ferramenta do excel para os dados de uma qualquer outra variável, quando existe a necessidade de normalidade da distribuição da amostra.

### 3.7.5 CONSTRUÇÃO DE "DIAGRAMAS DE DISPERSÃO" DE UMA VARIÁVEL EM RELAÇÃO A OUTRA, PARA AVALIAÇÃO DE CORRELAÇÃO ENTRE AS DUAS

Quando usamos um "diagrama de dispersão entre duas variáveis", o que se pretende na realidade é analisar se existe **correlação** entre essas duas variáveis. Então esse tipo de diagrama é utilizado quando se desconfia que **uma variável está correlacionada com a outra**. Isso significa dizer que **as mudanças na variável Y dependem das mudanças na variável X**.

- **Exemplo 1: O nível de satisfação dos clientes impacta o nº de clientes na loja?** Podemos achar que isso é demasiado óbvio, tomar isso mesmo como uma “verdade absoluta” e tender a já seguir em frente. Mas e depois se descobrir que o nível de satisfação dos clientes não impacta em nada a sua presença na loja, mas que em vez disso será o **preço dos produtos** que impactará o nº de clientes na loja? Então eu teria gasto recursos e tempo tentando aumentar uma variável que não faz/faria aumentar o nº de clientes, que era o objetivo.

- **Exemplo 2: O tempo de espera na fila de um banco, afeta a nota dada pelo cliente aos serviços prestados pelo mesmo?** Este tipo de exemplos/situações não podem ser antecipadamente tomadas como verdadeiras, **precisa-se coletar dados e analisá-los para se tomar uma decisão final se essa relação realmente existe.**

Quando se estuda **correlação entre 2 variáveis**, na realidade está-se assumindo um **modelo hipotético** da seguinte forma:  $Y = f(X)$ , sendo que **Y será a variável dependente (o efeito)**, e **X será a variável independente (a causa)**. As variações em Y dependem (são função) das variações em X.

- Exemplo 3: o número de defeitos por ano ( Y ) em uma operação de costura pode ser uma função dos meses de experiência do funcionário ( X ), suponha-se; então o que se terá que fazer é pegar em vários funcionários, cada um deles com um determinado nº de meses de experiência, e ir anotando num gráfico o nº de peças defeituosas que cada um deles produz. E poder-se-ia obter algo como o que consta na figura 358.

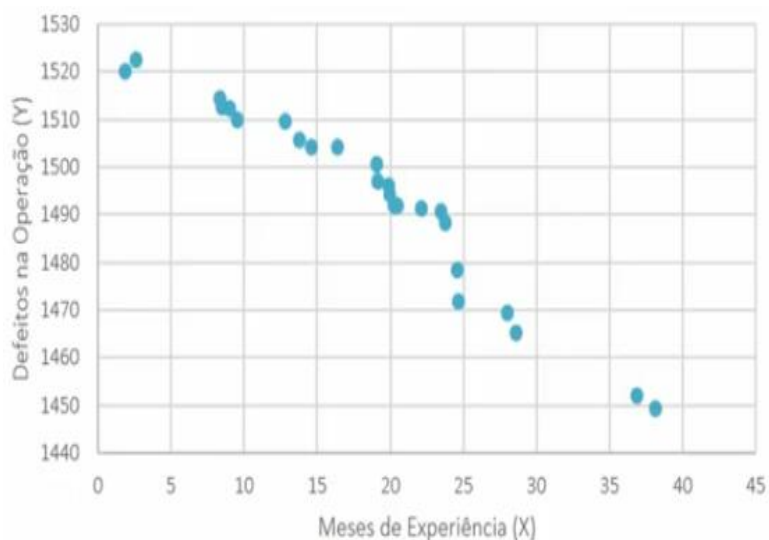


Figura 358 – Defeitos na operação em função dos meses de experiência do funcionário (Fonte: o pesquisador, 2019)

Pelo aspecto dos pontos a azul na figura, parece que realmente, à medida que o nº de meses de experiência dos funcionários vai aumentando, o correspondente nº de peças

produzidas com defeitos vai diminuindo. **Então parece realmente haver uma correlação entre essas duas variáveis.** E acaba-se dizendo que a variável **meses de experiência (X)** é a **variável independente**, que parece ser a **causa** do aumento de **nº de defeitos na operação (Y)**, que é a **variável dependente**.

**Exemplo Prático Resolvido:** O gerente de uma agência bancária deseja determinar quais são os fatores que influenciam a satisfação de seus clientes. Ele acredita que o tempo de permanência na fila de espera afeta negativamente a satisfação dos clientes. Para testar essa correlação, o gerente passou a solicitar aos clientes que, ao saírem da agência, registrassem uma nota geral ( de 0 a 10) para sua satisfação com os serviços prestados. Adicionalmente, cada cliente que entra no banco recebe uma ficha, com a qual é possível determinar qual foi o tempo de espera pelo atendimento. Foram coletados dados de 30 clientes, os quais podem ser vistos na figura 359.

| CLIENTE | TEMPO (X) | NOTA (Y) |
|---------|-----------|----------|
| 1       | 14        | 8        |
| 2       | 22        | 7        |
| 3       | 29        | 6        |
| 4       | 10        | 7        |
| 5       | 34        | 5        |
| 6       | 10        | 6        |
| 7       | 15        | 8        |
| 8       | 18        | 7        |
| 9       | 9         | 7        |
| 10      | 23        | 6        |
| 11      | 20        | 8        |
| 12      | 14        | 9        |
| 13      | 17        | 7        |
| 14      | 21        | 7        |
| 15      | 5         | 10       |
| 16      | 28        | 3        |
| 17      | 19        | 7        |
| 18      | 15        | 6        |
| 19      | 35        | 4        |
| 20      | 2         | 9        |
| 21      | 32        | 10       |
| 22      | 9         | 8        |
| 23      | 16        | 6        |
| 24      | 17        | 6        |
| 25      | 8         | 8        |
| 26      | 17        | 6        |
| 27      | 11        | 8        |
| 28      | 15        | 7        |
| 29      | 29        | 4        |
| 30      | 7         | 9        |

Figura 359 – Tempo de espera na fila e nota de avaliação geral, para uma amostra de 30 clientes (Fonte: o pesquisador, 2019)

Portanto, neste exemplo prático resolvido, a variável independente (causa) será o tempo de espera na fila, por parte de cada cliente, e a variável dependente (efeito) será a nota de avaliação atribuída por cada cliente aos serviços prestados pelo banco. A hipótese/suposição é a de que a nota com que o cliente avalia os serviços prestados pelo banco é dependente do tempo que aquele espera na fila. Mas essa hipótese precisa ser demonstrada, e a ferramenta adequada para tal será um diagrama de dispersão entre as duas variáveis, que consiga estabelecer uma correlação entre ambas.

### **DIAGRAMA DE DISPERSÃO PARA CORRELAÇÃO ENTRE DUAS VARIÁVEIS:**

**1º Passo: Desenhar os eixos** (no caso, eixo X = Tempo de espera (minutos), e o eixo Y será as Notas (avaliação) atribuídas pelos clientes);

### **2º Passo: Marcar o ponto correspondente a cada par de valores (x, y)**

Recorrendo aos procedimentos já atrás descritos quando da construção de gráficos de dispersão para efeitos de avaliação da normalidade de uma amostra de dados, é possível construir com o EXCEL o gráfico que consta na figura 360.

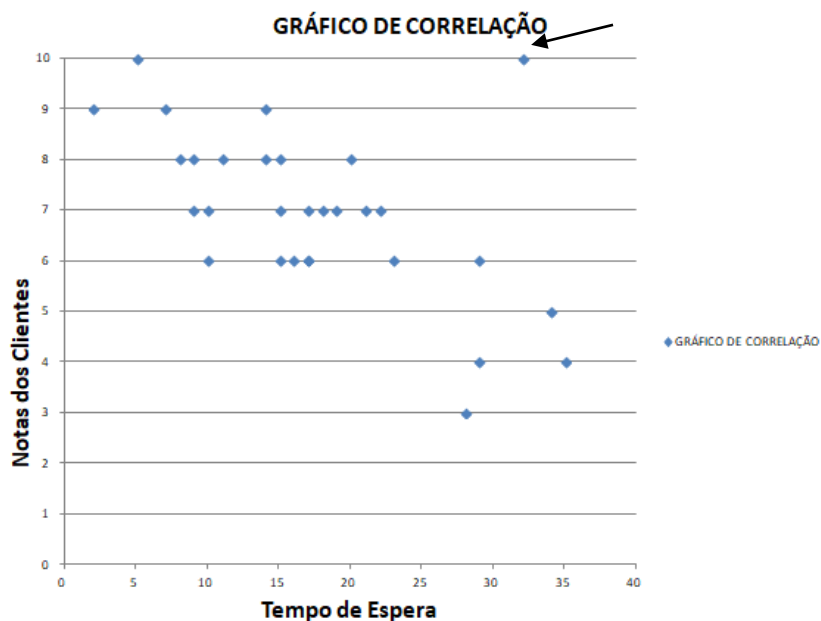


Figura 360 – Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o Tempo de Espera e a Nota dos Clientes (Fonte: o pesquisador, 2019)

Exceptuando o ponto discrepante assinalado pela seta, na figura 360, aparentemente parece de fato existir uma correlação entre o tempo de espera e a nota recebida pelo banco, por parte dos clientes. Assim, parece que, à medida que o tempo de espera aumenta, a nota recebida pelos serviços prestados pelo banco diminui. Isso torna-se mais visível se desenharmos faixas para tempos de espera correspondentes aos seguintes intervalos de tempo: [ 0 ; 10 min ] , [ 10 ; 25min ] , e [ 25min ; 35min ] , conforme a figura 361.



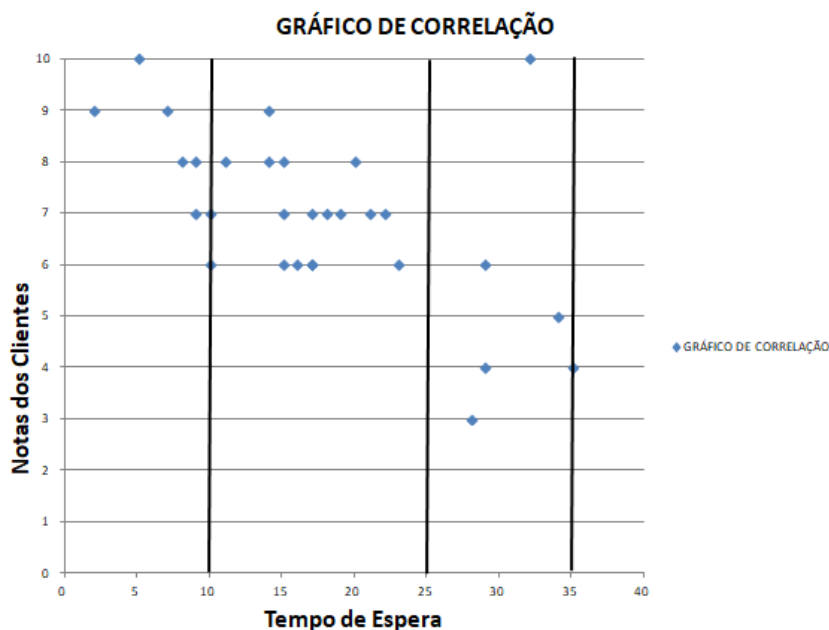


Figura 361 – Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o Tempo de Espera e a Nota dos Clientes, por faixas de intervalos de tempo (Fonte: o pesquisador, 2019)

Essa correlação que parece existir, é entretanto designada de correlação negativa, visto que à medida de a variável independente (X) aumenta, a variável dependente (Y) diminui (pelo menos assim aparenta acontecer).

Uma coisa interessante que pode acontecer, quando se estiver construindo gráficos de dispersão para efeitos de avaliação da correlação entre duas variáveis, é nos depararmos com os chamados “outliers”, ou pontos discrepantes, que são os “pontos fora da curva”. Tal como já se referiu a propósito do ponto assinalado pela seta na figura 360. No fundo é um ponto que se comporta de forma inesperada. Veja-se, o cliente esperou um tempo bastante grande na fila (32min) e ainda assim acabou atribuindo nota 10 aos serviços prestados pelo banco. Depois podem-se extrapolar hipóteses para justificar a existência desses pontos discrepante. Embora sejam apenas hipóteses; aqui no caso pode-se lançar como hipótese de que o cliente tinha um um problema bastante delicado para ser resolvido, e entretanto, mesmo esperando muito tempo o banco acabou resolvendo o problema.

A seguir dever-se-à focar na linha de tendência

### **3º Passo: Traçar a linha de tendência**

Pegando nos dados do presente exemplo prático resolvido, pode-se traçar a correspondente **linha de tendência**, que é uma **equação linear (reta) que mostra o comportamento dos dados**. Esse modelo da **linha de tendência** é um modelo matemático obtido por **regressão linear**, e que tem o formato:  **$Y = b * X + a$** ; o EXCEL serve para traçar

essa linha de tendência de forma expedita, como se havia visto para os gráficos de dispersão com a finalidade de avaliação de distribuição normal de dados. O **b** será a **inclinação da reta de regressão linear (linha de tendência)**, e o **a** será o **ponto de interseção dessa linha de tendência com a origem do eixo dos XX**. Para adicionar a linha de tendência bastará clicar com o rato em qualquer ponto na “nuvem de pontos” que corresponde graficamente ao traçado dos nossos dados, depois clicar de novo com o rato mas agora com seu botão direito e seleccionar a opção adicionar linha de tendência. Isso fará abrir uma caixa de diálogo com o título formatar linha de tendência, onde se deverá seleccionar as opções linear e mostrar equação no gráfico, conforme a figura 362. Em seguida clica-se em fechar.

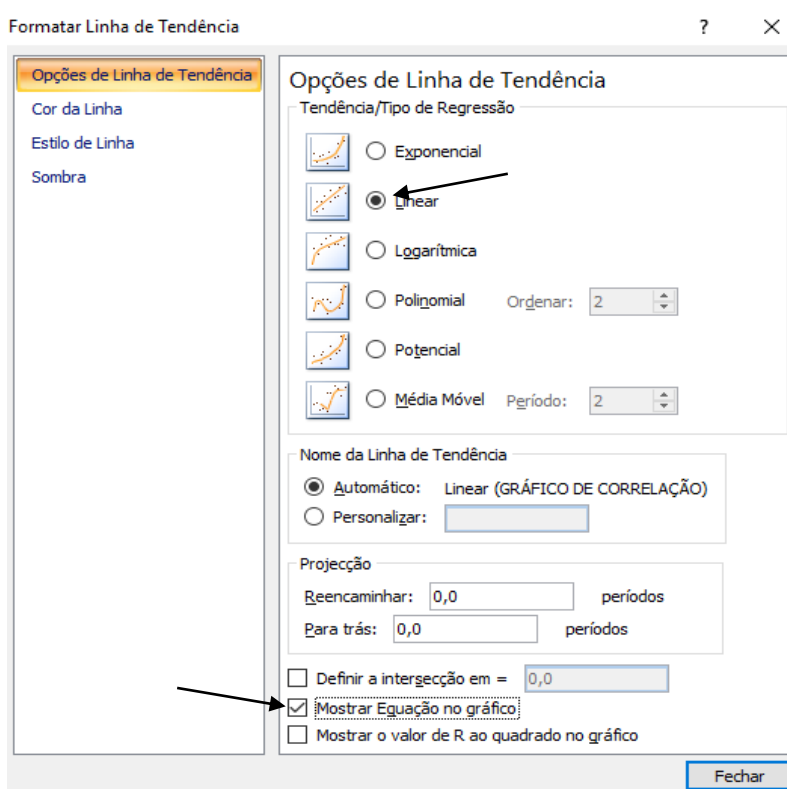


Figura 362 – Procedimento para adicionar linha de tendência de gráfico de dispersão, para correlação entre duas variáveis, e respectiva equação, através do Excel (Fonte: o pesquisador, 2019)

Procedendo deste modo e para o presente exemplo prático resolvido se chegaria ao gráfico da figura 363 (em que a equação da linha de tendência é:  $y = -0,1138 * x + 8,9422$ )

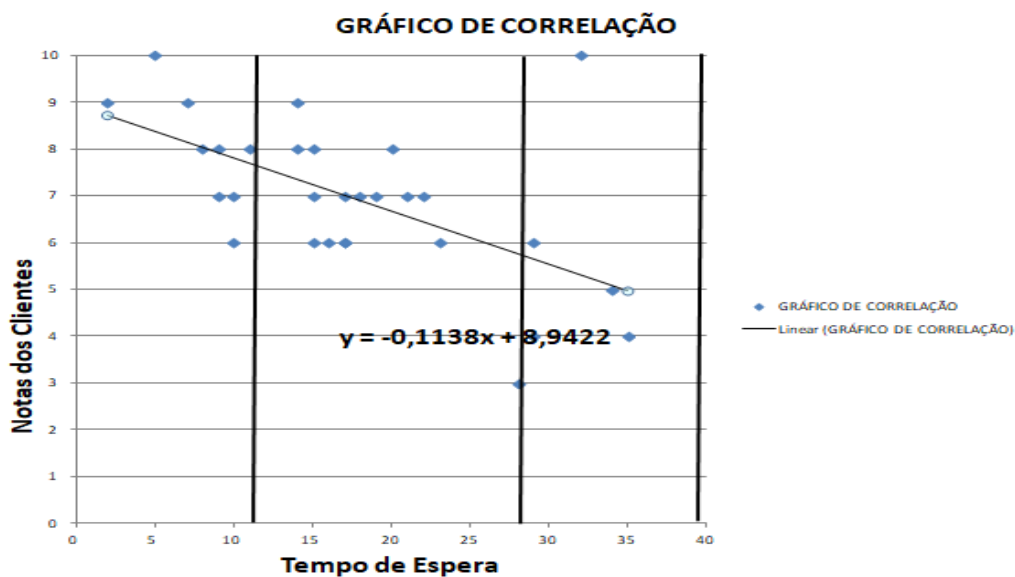


Figura 363 – Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o Tempo de Espera e a Nota dos Clientes, com linha de tendência e respectiva equação (Fonte: o pesquisador, 2019)

Neste exemplo prático resolvido a equação de regressão linear deu então que  $y = -0,1138 * x + 8,9422$ , e pode-se usá-la para encontrar uma determinada nota atribuída aos serviços prestados pelo banco a partir de um tempo de espera na fila perfeitamente genérico. O tempo de espera na fila será o valor de “X”. Exemplificando: tome-se  $x=15\text{min}$  e coloque-se esse valor de  $x$  na equação de regressão e ficará:  $y = -0,1138 * (15) + 8,9422$  e tira-se que, para clientes que ficam 15min na fila a nota esperada atribuída ao banco pelos serviços prestados é 7,24 . **Qual o significado desse valor?** Não quer dizer que todo cliente que espere 15min na fila vai atribuir um valor de 7,24 ao serviço prestado. Alguns vão atribuir notas superiores, outros vão atribuir notas inferiores, mas na média do conjunto de clientes que ficam 15min na fila espera-se que a nota atribuída seja de 7,24.

#### **4º Passo: Calcular o “Coeficiente de Determinação” ( $R^2$ )**

Esse “Coeficiente de Determinação” é um valor que varia entre 0 e 1, sendo que 1 só se verifica quando os pontos da “nuvem de pontos do gráfico” no gráfico está perfeitamente justaposta à reta de regressão linear.

Quando se analisa o valor de  $R^2$ , é comum pensar-se que existe um valor mínimo para esse  $R^2$ , para que o modelo de regressão linear seja “aceitável”. Na realidade, não existe um valor mínimo de  $R^2$  para que o modelo de regressão linear seja aceitável. O que o seu valor significa é a maior ou menor dispersão dos dados em relação à reta que constitui a linha de tendência; quanto mais próximo de  $\emptyset$  for o valor de  $R^2$  maior a dispersão. Assim, se tivermos/tivéssemos um valor de  $R^2$  baixo, isso apenas significaria que aquele valor médio

de  $Y = 7,24$  que havíamos obtido quando o tempo de espera do cliente é de 15min ( $=X$ ) poderia variar muito em torno desse valor de 7,24. Enquanto que, se o  $R^2$  fosse alto, todos os valores da amostra obtidos para  $X = 15$ min se aproximariam bastante daquele valor de 7,24.

Continuando a usar o Excel, para se obter o valor de  $R^2$ , bastaria que naquela caixa de diálogo da figura 362, tivéssemos ativado a opção “mostrar o valor de R ao quadrado no gráfico”, de acordo com a figura 364.

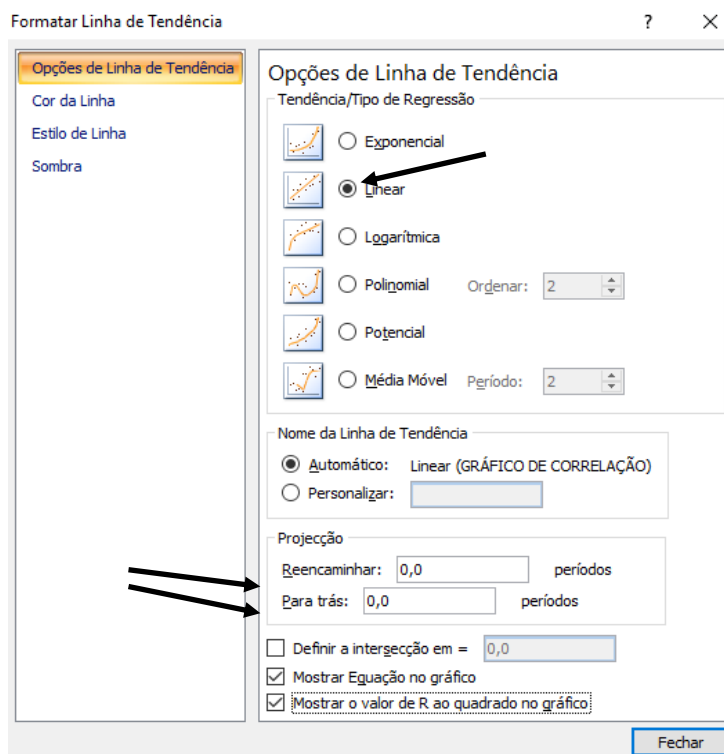


Figura 364 – Procedimento para que o gráfico de dispersão para efeitos de correlação mostre, além da reta de regressão e sua equação, o valor de  $R^2$  (Fonte: o pesquisador, 2019)

E clicar-se-ia depois então em “Fechar”. E ter-se-ia então a figura 365.

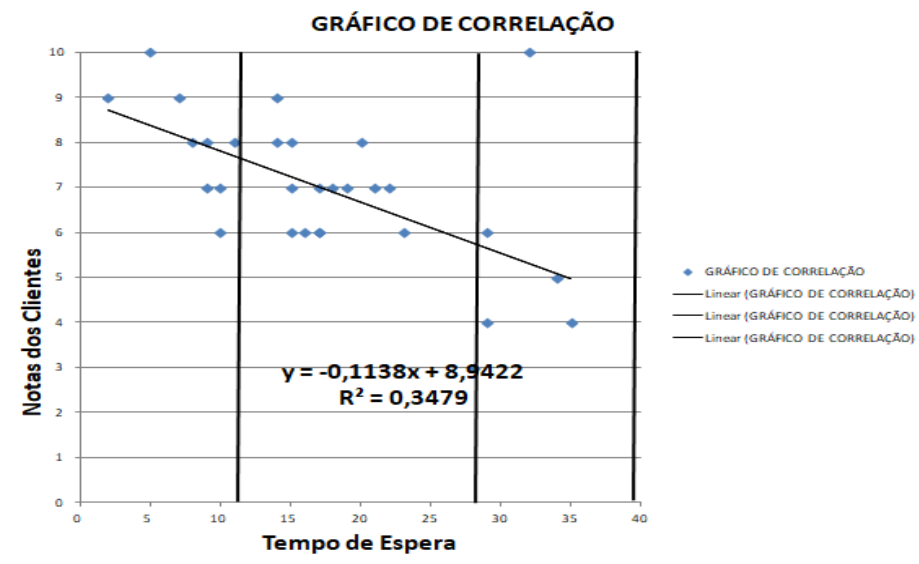


Figura 365 – Gráfico de dispersão para efeito de correlação entre o Tempo de Espera e a Nota dos Clientes, com linha de tendência, respectiva equação, e valor de R<sup>2</sup> (Fonte: o pesquisador, 2019)

### **5º Passo: Estabelecer modelo expedito de previsão usando FUNÇÕES do Excel**

Do que se trata neste passo é de usar funções do Excel para que, partindo da equação de regressão linear que consta na figura 365, se possa determinar o valor de nota atribuída esperado para qualquer valor de X que se pretenda, de forma automatizada, e podendo mudar os valores de X nas correspondentes células de uma planilha do excel do tipo daquela da figura 359.

Parta-se como base que a nossa planilha em excel esteja construída de forma que a coluna “Cliente” corresponda á coluna B, com sua primeira observação numérica (número de ordem do primeiro cliente) correspondendo ao endereço B3, a coluna “Tempo(X)” corresponda à coluna C, e sendo a primeira observação amostral a célula de endereço C3, e a coluna “Nota(Y)” corresponda à coluna D, correspondendo o primeiro registro amostral ao endereço D3 na nossa planilha.

Monte-se em seguida o modelo de previsão nas correspondentes colunas F e G da planilha de maneira a que a “base de partida” corresponda à figura 366.

| F                         | G |
|---------------------------|---|
| <b>MODELO DE PREVISÃO</b> |   |
| <b>COEF. A</b>            |   |
| <b>COEF. B</b>            |   |
| <b>R-QUADRADO</b>         |   |
| <b>TEMPO (X)</b>          |   |
| <b>NOTA (Y)</b>           |   |

Figura 366 – Pré-construção do modelo de previsão usando o Excel (Fonte: o pesquisador, 2019)

Em função da colocação anteriormente descrita para as várias colunas e endereços de células, e não esquecendo que se está lidando com uma amostra de 30 clientes, se poderia usar as três funções (INTERCEPTAR, DECLIVE, RQUAD) da forma que consta na figura 367 e se chegaria ao resultado que consta da figura 368.

| F                         | G                           |
|---------------------------|-----------------------------|
| <b>MODELO DE PREVISÃO</b> |                             |
| COEF. A                   | =INTERCEPTAR(D3:D32;C3:C32) |
| COEF. B                   | =DECLIVE(D3:D32;C3:C32)     |
| R-QUADRADO                | =RQUAD(D3:D32;C3:C32)       |
| TEMPO (X)                 |                             |
| NOTA (Y)                  |                             |

Figura 367 – Utilização das funções interceptar, declive e Rquad para construção do modelo de previsão usando o Excel (Fonte: o pesquisador, 2019)

| <b>MODELO DE PREVISÃO</b> |             |
|---------------------------|-------------|
| COEF. A                   | 8,942151924 |
| COEF. B                   | -0,11375155 |
| R-QUADRADO                | 0,347904598 |
| TEMPO (X)                 |             |
| NOTA (Y)                  |             |

Figura 368 – Resultado devolvido pela utilização das funções interceptar, declive e Rquad para construção do modelo de previsão, e aplicadas ao presente exemplo prático (Fonte: o pesquisador, 2019)

Ou seja, **a função interceptar do EXCEL usou, como argumentos para chegar ao valor do coeficiente A da equação do modelo de previsão** (equação de regressão linear), em primeiro lugar, a série completa de 30 observações de notas atribuídas pelos clientes aos serviços prestados pelo banco (variável Y = variável dependente = efeito), e depois, separado pelo sinal de “;” a série completa de 30 observações dos tempos de espera na fila dos clientes (variável X = variável independente = causa).

Do mesmo modo, **a função declive do EXCEL usou, como argumentos para chegar ao valor do coeficiente B da equação do modelo de previsão** (equação de regressão linear), em primeiro lugar, a série completa de 30 observações de notas atribuídas pelos clientes aos serviços prestados pelo banco (variável Y = variável dependente = efeito), e depois, separado pelo sinal de “;” a série completa de 30 observações dos tempos de espera na fila dos clientes (variável X = variável independente = causa).

E finalmente, e também de modo idêntico, **a função RQuad do EXCEL usou, como argumentos para chegar ao valor do R<sup>2</sup> do modelo de previsão**, em primeiro lugar, a série completa de 30 observações de notas atribuídas pelos clientes aos serviços prestados pelo banco (variável Y = variável dependente = efeito), e depois, separado pelo sinal de “;” a

série completa de 30 observações dos tempos de espera na fila dos clientes (variável X = variável independente = causa).

Chegando a este ponto, e para se conseguir fazer a previsão de qualquer valor da nota Y, a partir do tempo de espera X, bastaria usarmos os endereços certos de colunas, linhas e células, para se conseguir reproduzir a equação de regressão linear do modelo (equação de previsão), e que neste caso corresponderia fazer o que a figura 369 indica, e tendo em atenção os endereços de colunas e células que se foram usando ao longo da explicação até aqui.

| MODELO DE PREVISÃO |             |
|--------------------|-------------|
| COEF. A            | 8,942151924 |
| COEF. B            | -0,11375155 |
| R-QUADRADO         | 0,347904598 |
| TEMPO (X)          |             |
| NOTA (Y)           |             |

← = G4 \* G6 + G3

Figura 369 – Modo de reproduzir a equação de regressão linear – equação de previsão do modelo – usando o EXCEL, e para o presente exemplo prático (Fonte: o pesquisador, 2019)

A partir deste instante sim, para qualquer valor que se digite, na correspondente célula vazia, para tempo de espera do cliente (TEMPO (X) = variável independente = causa), o Excel automaticamente devolverá, também na célula vazia respectiva, a correspondente previsão para o valor de nota atribuída aos serviços prestados pelo banco, função desse valor de X (= NOTA Y) = variável dependente = efeito).

A título de exemplo, se na célula G6 se digitasse o valor de 15, (15min de tempo de espera do cliente na fila), automaticamente o nosso modelo de previsão construído no EXCEL devolveria o resultado que consta na figura 370.

| MODELO DE PREVISÃO |             |
|--------------------|-------------|
| COEF. A            | 8,942151924 |
| COEF. B            | -0,11375155 |
| R-QUADRADO         | 0,347904598 |
| TEMPO (X)          | 15          |
| NOTA (Y)           | 7,235878669 |

Figura 370 – Valor devolvido para nota atribuída aos serviços do banco, pelo modelo, para um tempo de espera de 15min, e no presente exemplo prático (Fonte: o pesquisador, 2019)

Importante destacar que, com este tipo de procedimento, se por qualquer motivo for preciso mudar os valores do tempo de espera (TEMPO(X)) ou de nota atribuída ao banco (NOTA(Y)), nas colunas C e D da planilha da figura 359, o

EXCEL atualiza automaticamente o valor do coeficiente A, do coeficiente B, e do valor de  $R^2$ .

### 3.7.6 GRÁFICOS Q-QPLOT COM USO DO EXCEL

Os gráficos do tipo Q-Qplot são gráficos de probabilidades que nos permitem comparar a distribuição de um conjunto de dados com uma distribuição específica, na maior parte das aplicações comparar com com distribuições normais de dados.

Para isso comece-se então por gerar através do uso do excel, um conjunto de dados que siga uma distribuição normal. Como é que se pode fazer isso? Suponha-se trabalhando na versão EXCEL 2007. Começa-se por clicar com o botão direito do rato sobre o botão do Office, no canto superior esquerdo da nossa planilha, seleciona-se a opção Personalizar Barra de Ferramentas de Acesso Rápido, abrir-se-à uma caixa de diálogo com o título “Opções do Excel”, onde, tal como a seta na figura 371 indica, se deverá clicar em suplementos, o que fará com que a caixa de diálogo passe a assumir o aspecto da figura 372 (no fundo trata-se de uma caixa de suplementos), a seguir e tal como a seta da figura indica clicar no botão “Ir”, á frente de “Gerir: Suplementos do Excel”.

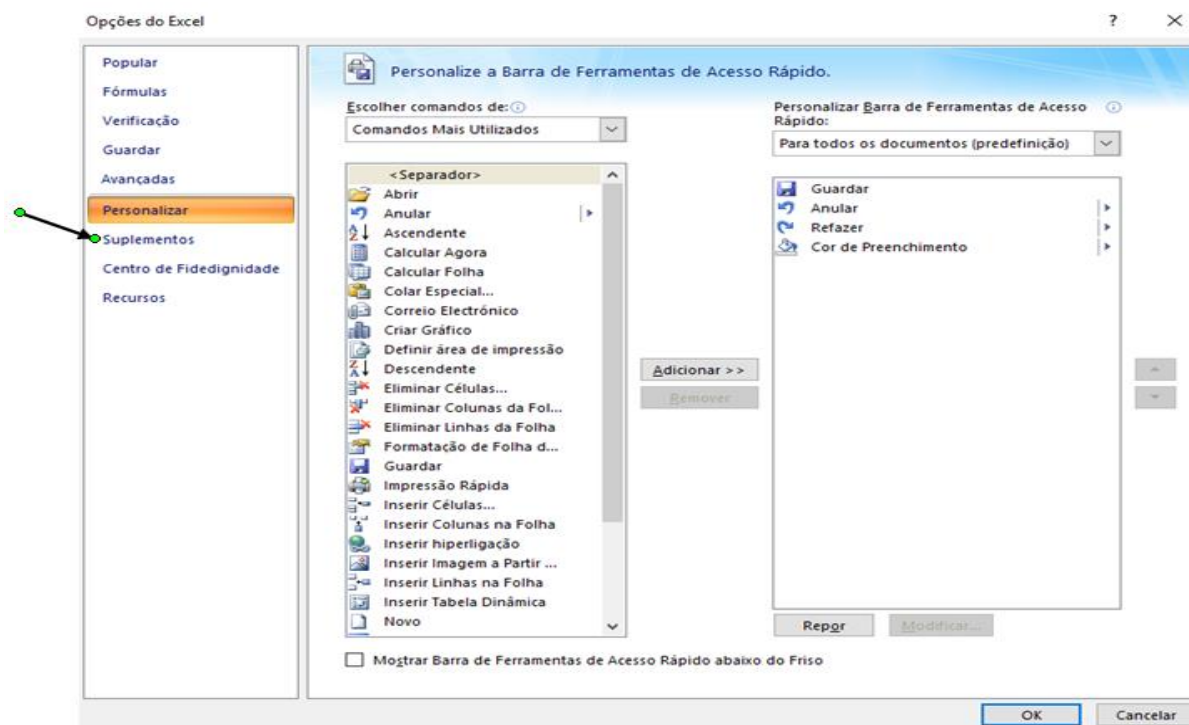


Figura 371 – Caixa para ativar suplementos de análise de dados no Excel 2007, parte I de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)



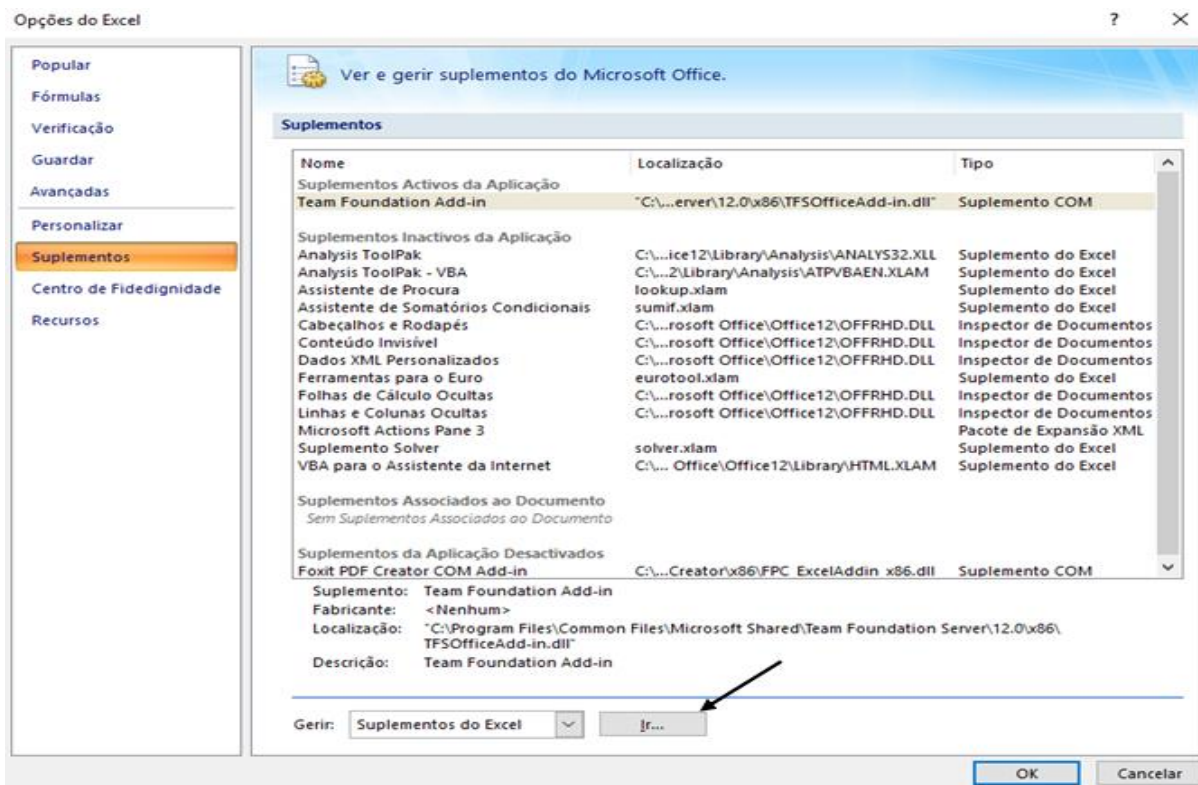


Figura 372 – Caixa para ativar suplementos de análise de dados no Excel 2007, parte II de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)

Isso conduz-nos a uma nova caixa de diálogo com o título “Suplementos”, onde se deverá ativar o pequeno visto na opção “Analysis Tool Pack” e premir em “OK”, conforme a seta da figura 373.

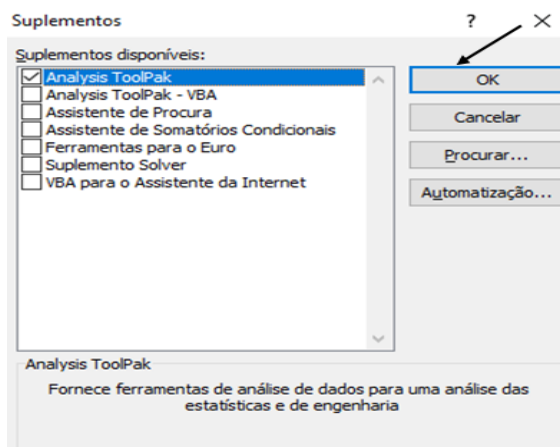


Figura 373 – Caixa para ativar suplementos de análise de dados no Excel 2007, parte III de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)

E poder-se-à verificar que agora o nosso EXCEL ficou com um bloco para “Análise de Dados”, depois dos blocos “Ferramentas de dados” e “Destaques”, conforme consta na figura 374.



Figura 374 – Caixa para ativar suplementos de análise de dados no Excel 2007, parte IV de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)

Clicando precisamente em cima de “Análise de dados”, tal como aponta a seta da figura 374, abrir-se-à uma nova caixa de diálogo com o título “Analisar dados”, onde devemos ativar a ferramenta de análise “Geração de número aleatório”, e clicar em “OK”, conforme a figura 375.

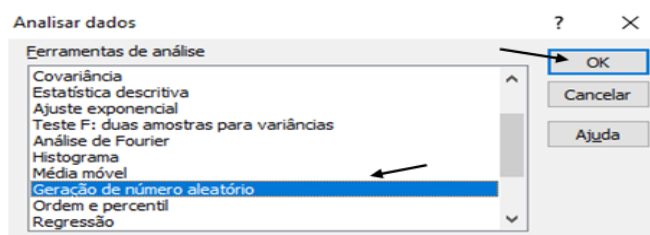


Figura 375 – Geração de uma série de números aleatórios usando o EXCEL 2007, parte I de VI (Fonte: o pesquisador, 2019)

Abrir-se-nos-à uma caixa de diálogo com o título “Geração de número aleatório”, do tipo da figura 376. A seguir pode-se ir preenchendo os vários campos dessa caixa de diálogo com os valores que se pretendem; por exemplo, em número de variáveis se coloca neste caso o valor um (=1), pois só estamos querendo gerar os valores de uma única variável. Para nº de observações, ou seja, o total de nºs aleatórios por hipótese escolher-se-ia 200 (amostra de 200 elementos). No campo “Distribuição” escolhemos “Normal”, dentro das opções que estão em “Parâmetros” definia-se por hipótese que se pretendia que a amostra tivesse como média o valor de 10, com um desvio-padrão por hipótese igual a 1,5; dentro de “Opções de saída” ativa-se a opção “Intervalo de saída” e em seguida clica-se naquele ícone para onde a seta da figura 376 aponta; abre-se uma caixa de diálogo do tipo da figura 377, onde, no espaço/campo a branco à frente de “intervalo de saída” no espaço/campo que está a branco à sua frente digita-se o endereço da célula onde se quer que comece a série de nossas observações, com símbolo de dólar “\$”, e volta-se a clicar naquele ícone para onde a seta da figura 376 aponta, o que nos retornará a uma caixa de diálogo parecida com a da figura 376, mas agora já com os parâmetros desejados escolhidos, do tipo da figura 378, onde finalmente se prime “OK”.

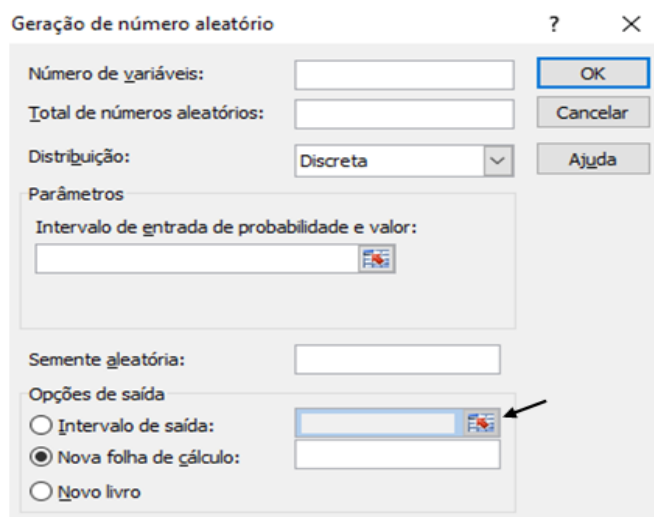


Figura 376 – Geração de uma série de números aleatórios usando o EXCEL 2007, parte II de VI (Fonte: o pesquisador, 2019)



Figura 377 – Geração de uma série de números aleatórios usando o EXCEL 2007, parte III de VI (Fonte: o pesquisador, 2019)

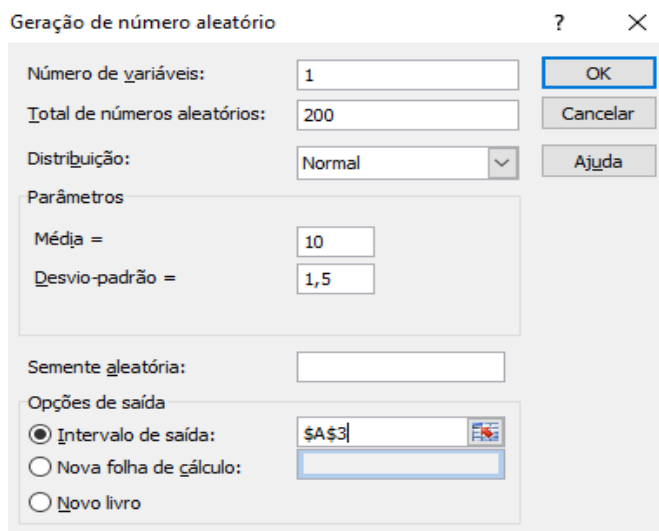


Figura 378 – Geração de uma série de números aleatórios usando o EXCEL 2007, parte IV de VI (Fonte: o pesquisador, 2019)

E pode-se verificar que automaticamente o Excel terá criado na coluna A da nossa planilha uma série de 200 números aleatórios que começam na célula A3 e vão até A202, do tipo, começando numa figura tipo figura 379 e terminando noutra tipo figura 380.

|    | A        |
|----|----------|
| 1  |          |
| 2  |          |
| 3  | 10,36792 |
| 4  | 11,77076 |
| 5  | 12,14917 |
| 6  | 10,29817 |
| 7  | 9,434796 |
| 8  | 7,472933 |
| 9  | 10,88992 |
| 10 | 10,03804 |
| 11 | 12,22627 |
| 12 | 8,178723 |
| 13 | 9,52631  |
| 14 | 8,949939 |
| 15 | 12,26534 |
| 16 | 10,79862 |
| 17 | 8,797018 |
| 18 | 10,75427 |
| 19 | 9,575514 |
| 20 | 11,94092 |
| 21 | 13,65693 |
| 22 | 6,814399 |
| 23 | 13,50635 |
| 24 | 10,50588 |
| 25 | 9,692106 |

Figura 379 – Geração de uma série de números aleatórios usando o EXCEL 2007, parte V de VI (Fonte: o pesquisador, 2019)

|     | A        |
|-----|----------|
| 179 | 10,50491 |
| 180 | 6,555807 |
| 181 | 11,58482 |
| 182 | 11,04537 |
| 183 | 8,230397 |
| 184 | 8,806803 |
| 185 | 10,90102 |
| 186 | 9,19582  |
| 187 | 9,12577  |
| 188 | 10,73765 |
| 189 | 10,19638 |
| 190 | 10,70096 |
| 191 | 10,71829 |
| 192 | 9,549051 |
| 193 | 7,372552 |
| 194 | 10,63306 |
| 195 | 12,33718 |
| 196 | 9,398035 |
| 197 | 11,90774 |
| 198 | 7,282225 |
| 199 | 9,778016 |
| 200 | 10,49957 |
| 201 | 11,10141 |
| 202 | 12,44811 |
| 203 |          |

Figura 380 – Geração de uma série de números aleatórios usando o EXCEL 2007, parte VI de VI (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Um dos requisitos para construir um gráfico do tipo Q-Qplot é que os dados estejam ordenados** (se não estiverem o que acontece é que efetuando os procedimentos que se seguem se obtém um gráfico de dispersão mas não um gráfico do tipo Q-Qplot). Tem-se então que selecionar todas as observações desde A3 até A202, ir no separador/aba dados e, supondo que se pretenda uma ordenção crescente, clicar naquele ícone da figura 381.



Figura 381 – Ordenação crescente dos dados da amostra completa para montagem de gráfico Q-QPlot (Fonte: o pesquisador, 2019)

Aproveitando o fato de termos começado a nossa amostra de dados num endereço de índice superior a 1, já vamos usando os endereços das células acima dessa coluna e de outras adjacentes para colocarmos os títulos do tipo de informação que constituirá cada coluna; assim, podemos ter uma coluna para frequências absolutas (fi) de cada observação da amostra, outra para frequências acumuladas (Fi) dos dados da amostra registrados até aquela determinada célula e outras 5 colunas (ou mais uma, que é melhor, para se deixar uma coluna de intervalo sem valores nenhuns só para separar as informações das 6 colunas de “observações/dados variáveis”, daquilo que são colunas reservadas a “parâmetros fixos” da amostra, auxiliares, necessários à construção do gráfico) mais cuja construção explicaremos já a seguir. E se chegaria por exemplo à situação da figura 382 para as primeiras 40 primeiras observações já da amostra ordenada crescentemente.

|    | A         | B         | C         |
|----|-----------|-----------|-----------|
| 1  | <b>Xi</b> | <b>fi</b> | <b>Fi</b> |
| 2  |           |           |           |
| 3  | 6,556     | 1         | 1         |
| 4  | 6,814     | 1         | 2         |
| 5  | 7,282     | 1         | 3         |
| 6  | 7,308     | 1         | 4         |
| 7  | 7,373     | 1         | 5         |
| 8  | 7,379     | 1         | 6         |
| 9  | 7,384     | 1         | 7         |
| 10 | 7,473     | 1         | 8         |
| 11 | 7,598     | 1         | 9         |
| 12 | 7,654     | 1         | 10        |
| 13 | 7,671     | 1         | 11        |
| 14 | 7,693     | 1         | 12        |
| 15 | 7,788     | 1         | 13        |
| 16 | 7,812     | 1         | 14        |
| 17 | 7,824     | 1         | 15        |
| 18 | 7,871     | 1         | 16        |
| 19 | 7,961     | 1         | 17        |
| 20 | 7,999     | 1         | 18        |
| 21 | 8,001     | 1         | 19        |
| 22 | 8,052     | 1         | 20        |
| 23 | 8,079     | 1         | 21        |
| 24 | 8,128     | 1         | 22        |
| 25 | 8,179     | 1         | 23        |
| 26 | 8,215     | 1         | 24        |
| 27 | 8,23      | 1         | 25        |
| 28 | 8,28      | 1         | 26        |
| 29 | 8,374     | 1         | 27        |
| 30 | 8,387     | 1         | 28        |
| 31 | 8,388     | 1         | 29        |
| 32 | 8,41      | 1         | 30        |
| 33 | 8,428     | 1         | 31        |
| 34 | 8,447     | 1         | 32        |
| 35 | 8,473     | 1         | 33        |
| 36 | 8,479     | 1         | 34        |
| 37 | 8,582     | 1         | 35        |
| 38 | 8,63      | 1         | 36        |
| 39 | 8,635     | 1         | 37        |
| 40 | 8,674     | 1         | 38        |
| 41 | 8,688     | 1         | 39        |
| 42 | 8,736     | 1         | 40        |

Figura 382 – Primeiras 40 observações de amostra já ordenada crescentemente, para construção de gráfico Q-Qplot, respectivas frequências absolutas e frequências acumuladas (Fonte: o pesquisador, 2019)

Pelo fato das observações da amostra serem números aleatórios e provenientes de uma distribuição contínua, cada observação só se registrará uma única vez, pelo que o valor de frequência absoluta para cada observação será sem igual à unidade; daí decorre automaticamente que os valores de frequências acumuladas até aí depois, e para cada

uma das observações, siga a sequência de valores 1, 2, 3, 4, 5, 6 e assim sucessivamente até 200.

Depois calcular-se-ão os parâmetros auxiliares fixos: total de observações da amostra, média da amostra, e desvio-padrão da amostra, necessários ao cálculo de mais três colunas de dados. E que colunas são essas ?

- Coluna de  $H_i$  = frequência relativa acumulada; - Coluna de COUNA de  $Z_{\text{observado}}$ ;
- Coluna do  $Z_{\text{esperado}}$ ;

Ora, como os valores das frequências absolutas (sempre = 1) ficaram compreendidas no intervalo da célula B3 até à B202 da coluna B, podemos usar a função soma, para chegar ao “parâmetro fixo” número total de observações da amostra, e fazer: **número total de observações,  $n = \text{SOMA}(B3:B2)$** ; o valor do “parâmetro fixo” média das observações da amostra, que ficaram registradas na coluna A, no intervalo desde a célula A3 até A202, sai diretamente da aplicação da função MÉDIA no excel, fazendo **MÉDIA(A3:A202)**; o valôr do “parâmetro fixo” desvio-padrão da amostra também resulta de aplicar a função DESVPADA no excel, fazendo: **desvio-padrão = DESVPADA(A3:A202)**. E até este momento teríamos algo como o que consta na figura 383, e para as primeiras 40 observações.

|    | A     | B     | C     | D     | E                      | F                     | G | H                | I               |
|----|-------|-------|-------|-------|------------------------|-----------------------|---|------------------|-----------------|
|    | $X_i$ | $f_i$ | $F_i$ | $H_i$ | $Z_{\text{observado}}$ | $Z_{\text{esperado}}$ |   |                  |                 |
| 1  |       |       |       |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 2  |       |       |       |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 3  | 10,37 | 1     | 1     |       |                        |                       |   | <b>n</b>         | <b>200</b>      |
| 4  | 12,15 | 1     | 2     |       |                        |                       |   | <b>MÉDIA</b>     | <b>10,12893</b> |
| 5  | 11,77 | 1     | 3     |       |                        |                       |   | <b>DESVPADÃO</b> | <b>1,57744</b>  |
| 6  | 10,3  | 1     | 4     |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 7  | 9,435 | 1     | 5     |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 8  | 7,473 | 1     | 6     |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 9  | 10,89 | 1     | 7     |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 10 | 10,04 | 1     | 8     |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 11 | 12,23 | 1     | 9     |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 12 | 8,179 | 1     | 10    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 13 | 9,526 | 1     | 11    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 14 | 8,95  | 1     | 12    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 15 | 12,27 | 1     | 13    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 16 | 10,8  | 1     | 14    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 17 | 8,797 | 1     | 15    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 18 | 10,75 | 1     | 16    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 19 | 9,576 | 1     | 17    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 20 | 11,94 | 1     | 18    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 21 | 13,66 | 1     | 19    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 22 | 6,814 | 1     | 20    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 23 | 13,51 | 1     | 21    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 24 | 10,51 | 1     | 22    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 25 | 9,692 | 1     | 23    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 26 | 8,888 | 1     | 24    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 27 | 11,68 | 1     | 25    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 28 | 9,985 | 1     | 26    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 29 | 8,802 | 1     | 27    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 30 | 7,671 | 1     | 28    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 31 | 10,51 | 1     | 29    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 32 | 11,02 | 1     | 30    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 33 | 11,42 | 1     | 31    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 34 | 12,6  | 1     | 32    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 35 | 15,23 | 1     | 33    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 36 | 10,26 | 1     | 34    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 37 | 9,265 | 1     | 35    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 38 | 10,53 | 1     | 36    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 39 | 11,1  | 1     | 37    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 40 | 8,832 | 1     | 38    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 41 | 9,383 | 1     | 39    |       |                        |                       |   |                  |                 |
| 42 | 7,961 | 1     | 40    |       |                        |                       |   |                  |                 |

Figura 383– Observações, frequências absolutas, frequências acumuladas, total do nº de observações, média e desvio-padrão da amostra, para construção de gráfico Q-QPlot (Fonte: o pesquisador, 2019)

Falta calcular os valores correspondentes às colunas para  $H_i$  = frequência relativa acumulada,  $Z_{\text{observado}}$  e  $Z_{\text{esperado}}$  para se poder construir o gráfico Q-Qplot.

O  $H_i$  (**frequência relativa acumulada**) é igual à frequência absoluta acumulada (valores da coluna de  $F_i$ ) a dividir pelo nº de elementos da amostra, que é um valor fixo, logo, o primeiro valor de  $H_i$ , no presente caso colocado no endereço D3, é igual a:  $D3 = C3/\$I\$3$  (sendo C3 o endereço do primeiro valor de  $F_i$ , e  $\$I\$3$  o valor – fixo – do número total de observações da amostra; para calcular os restantes valores da frequência relativa acumulada para a amostra seria só depois arrastar o cursores para baixo no EXCEL.

Como se calcula o  $Z_{\text{observado}}$ ? Cada valor de  $Z_{\text{observado}}$  é igual ao correspondente valor da observação/registro, na amostra de dados, subtraído da média da amostra, e tudo isso depois a dividir pelo desvio-padrão da amostra. Ou seja, para primeiro valor de  $Z_{\text{observado}}$  aqui no caso ter-se-ia:  $E3 = (A3 - \$I\$4)$ . Para calcular os restantes valores de  $Z_{\text{observado}}$  para a amostra seria só depois arrastar o cursor para baixo na coluna E.

Falta determinar os valores da coluna do  $Z_{\text{esperado}}$ . Os valores de  $Z_{\text{esperado}}$  são os valores de Z que se esperariam para uma curva de distribuição normal. Para chegar nesses valores tem que se tomar em consideração os valores da frequência acumulada  $H_i$  em termos de percentagem e usar a função do EXCEL INV.NORMP. Assim, e aqui no caso o primeiro valor de  $Z_{\text{esperado}}$ , correspondente ao endereço de célula F3 viria:  $F3 = \text{INV.NORMP}(D3)$ .

E neste momento já se possuem os dados de que se precisa para construir o gráfico Q-Qplot relativo àquela amostra de 200 observações, que basicamente é um gráfico em que no eixo dos X teremos os valores de  $Z_{\text{observados}}$  (e no eixo dos YY se terão valores dos  $Z_{\text{esperados}}$  .

Então, e com os dados que se têm da amostra completa das 200 observações, procede-se do seguinte modo: 1 – começa-se por escolher uma célula vazia da nossa planilha de dados do problema, um pouco à direita das colunas onde foram sendo registrados os dados/observações; 2 - a seguir seleciona-se lá em cima o separador/aba "Inserir"; 3 - a seguir seleciona-se o bloco "Gráficos", e opta-se por um gráfico de dispersão só com marcadores; 4 – clica-se com o botão direito do rato sobre aquela área que destinámos ao gráfico e opta-se por "selecionar dados"; 5 – na caixa de diálogo "Selecionar origem de dados" que se abre, clica-se no botão "Adicionar"; 5 – Na caixa de diálogo "Editar série" que a seguir se abre, e no campo "Nome da série" digita-se "Gráfico Q-Qplot"; no campo "Valores da série X" clica-se naquele pequeno ícone na extremidade direita à sua frente e na pequena caixa de diálogo "Editar série" que a seguir se abre, colocamos, selecionando a planilha de dados do problema, o endereço correspondendo à

primeira célula da coluna dos  $Z_{\text{observados}}$  que tenha um valor numérico dessa coluna; 6 - Arrasta-se o cursor de forma a selecionar todos os dados numéricos dessa coluna; 7 - No campo “Valores da série Y”, da nossa caixa de diálogo “Editar série” que permanece aberta, coloca-se, selecionando a respectiva célula na planilha de dados, o endereço da primeira célula da coluna de  $Z_{\text{esperados}}$  e arrasta-se verticalmente até o final dessa coluna da planilha para ficar com todos os valores numéricos de  $Z_{\text{esperados}}$  selecionados; 8 - Premir “OK” na caixa de diálogo “Editar série”; isso nos fará retornar de novo a uma caixa de diálogo anterior onde deveremos premir o “OK” também. Se formos lá em cima à nossa planilha à região que se reservou para o gráfico do tipo Q-Qplot, veremos que o mesmo já lá consta, ainda que com uma “aparência em bruto que será do tipo da figura 384.

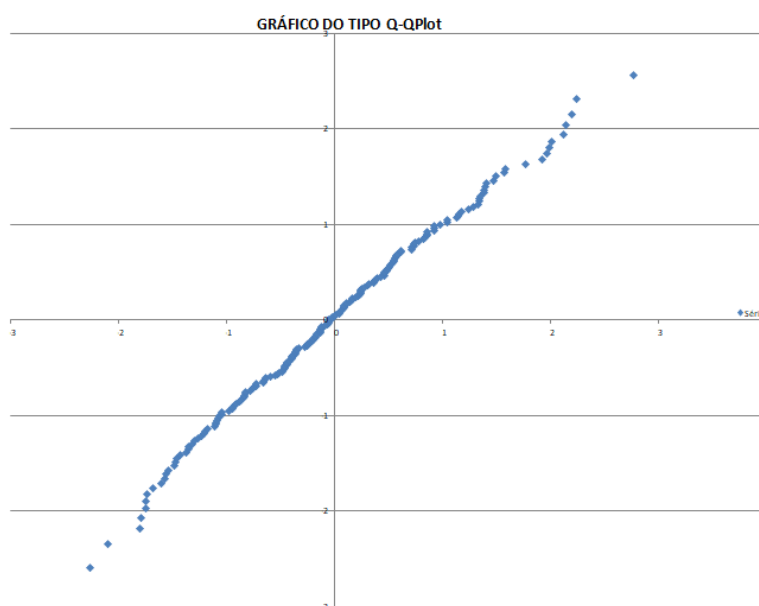


Figura 384– Aspecto “em bruto” para o gráfico Q-Qplot referente às 200 observações da amostra do problema (Fonte: o pesquisador, 2019)

Agora pode-se fazer alguns ajustes nesse gráfico “em bruto” procedendo do seguinte modo: clica-se em um qualquer ponto daquela curva/“nuvem de pontos” a azul da figura 384, a seguir clica-se sobre o mesmo mas com o botão direito do rato, seleciona-se a opção “Adicionar linha de tendência”, e na caixa de diálogo com o título “Formatar linha de tendência” que se abre, selecionam-se ao mesmo tempo as seguintes opções: “Linear”, “Mostrar Equação no gráfico” e “Mostrar o valor de R ao quadrado no gráfico”. A seguir clica-se em “Fechar nessa caixa de diálogo e o gráfico do tipo Q-Qplot já assume um aspecto mais completo como o da figura 385.



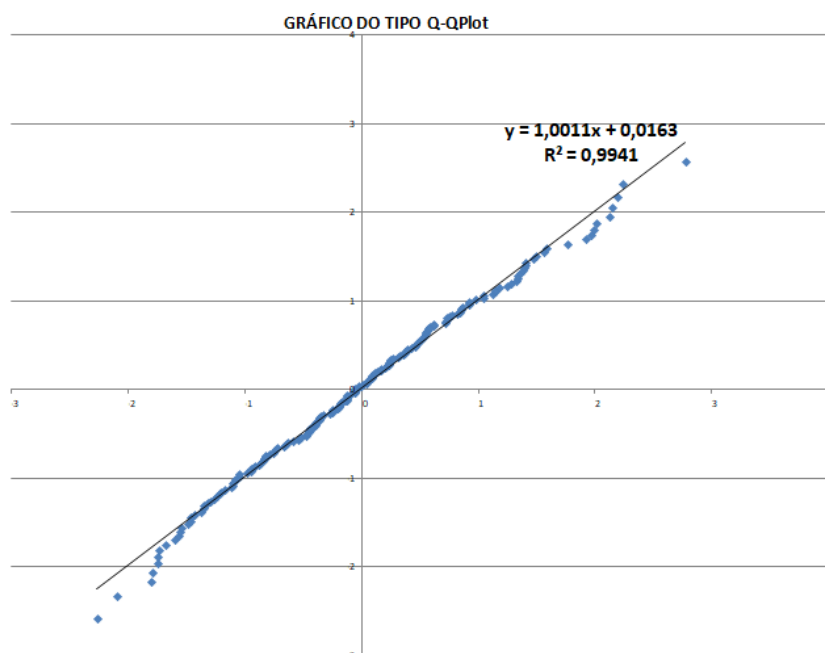


Figura 385 – Gráfico Q-Qplot com equação de regressão e valor de  $R^2$  (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Destacar que** os pontos da curva/"nuvem", a azul, estão praticamente justapostos/sobrepostos à retra que representa a regressão linear, **o que indica que os dados/observações seguem uma curva de distribuição normal**. E **o fato de  $R^2$  ter dado um valor igual a 0,9941 significa que aquela equação  $Y = 0,9965 * X + 0,0153$  representa 99,41% da "variância" dos dados observados**.

### 3.7.7 ANOVA DE UMA VIA – ANÁLISE DE VARIÂNCIA, E TESTE DE TUKEY USANDO O EXCEL

A ANOVA de uma via é um teste estatístico que pertence à categoria dos testes paramétricos. Ele exige alguns pré-requisitos para a amostra de sujeitos a ser analisada; quando o  $n^o$  de "indivíduos"/"sujeitos"/elementos de uma amostra é maior que 30 para efeitos da aplicação da ANOVA de uma via pode-se dispensar o pré-requisito da normalidade dos dados, se for menor ou igual a 30 a ANOVA de uma via exige essa normalidade da distribuição. **Mas mesmo que a amostra tenha  $n^o$  de elementos maior que 30, para efeito da aplicação da ANOVA de uma via não se dispensa o pré-requisito de homogeneidade dos elementos da amostra (a amostra deverá ser homogênea)**.

Para testarmos a normalidade dos dados de uma amostra pode-se usar, e desde que o seu número total de elementos seja menor que 30, o teste de Shapiro-Wilk conforme visto anteriormente, entrando na tabela de Shapiro-Wilk necessária e verificando se  $d_p$  (valor de prova) é maior ou igual a  $d_a$  (erro) considerado como valor máximo admissível. Só isso

garante que os dados possam continuar a ser considerados “normais” (seguem uma distribuição normal).

O valor do erro máximo admissível,  $d_p$ , (ou simplesmente erro) é fixado à partida. Normalmente tomam-se para erro valores máximos admissíveis de  $d_p = 5\%$  ou  $d_p = 10\%$ , muito raramente valor da ordem de 1%.

Por outro lado, o valor de prova,  $d_p$ , é a probabilidade da estatística de teste,  $ET$ , ser menor ou igual à estatística de teste calculada,  $ET_{\text{calculado}}$ , sendo  $ET_{\text{calculado}} = [(b^2)/((n-1)*s^2)]$ ; reforçando, para que amostras pequenas sejam consideradas normais  $d_p > \text{ou} = d_p$ , ou seja, valor de prova terá que ser maior ou igual que o erro, sendo  $d_p = P (ET \leq [b^2/((n-1)*s^2)])$  ( $P$  = probabilidade), sendo que pode-se tirar esse valor de  $d_p$  (valor de prova) das tabelas de Shapiro Wilk.

**ANOVA** vem do inglês ***Analysis of Variance (análise de variância)***, e a variância é uma medida de dispersão que é igual ao quadrado do desvio-padrão, ou seja,  $\sigma = s^2$ ; a variância é uma medida do tanto que os valores da amostra se distanciam da média da mesma.

**QUANDO SE USA A ANOVA (de uma via):** quando temos uma variável dependente,  $Y$ , contínua, e uma variável independente ( $X$ ) por categorias; por enquanto tome-se categoria o local físico onde a variável  $X$  é coletada, (mais tarde o conceito poderá ser extrapolado para variável independente que influencia o valor da variável dependente  $Y$ ). Para a análise podem existir mais de dois tratamentos, ou seja, mais de duas amostras coletadas para  $Y$ ; estatisticamente se diz:  $Y$  é contínua, e  $X$  é categórica com mais de dois níveis.

**O QUE É QUE A ANOVA FAZ?** Ela vai fazer comparações entre variações da variável dependente  $Y$  dentro de cada tratamento, ou seja, comparações entre variações de  $Y$  dentro de cada categoria ou variável  $X$ .

**Exemplo:** O nº de frutos atacados por pragas (=  $Y$ ) depende do local da planta/árvore (onde esta está colocada, se é na borda de um pomar, ou se é no centro dele, por exemplo). Sabe-se que a herbivoria (ataque a frutos por parte de pragas) depende de uma série de fatores, sendo um desses fatores essa localização atrás referida (que é o se pretende testar). Se por hipótese todos os fatores que que influenciam a herbivoria de frutos coubessem em uma caixa, poder-se-ia imaginar que a localização da planta/árvore ocuparia uma parte dessa caixa, e os restantes fatores ocupariam o restante da caixa, conforme a figura 386.



Figura 386 – Fatores que podem afetar a herbivoria de plantas/árvores (Fonte: o pesquisador, 2019)

Para se testar essa hipótese de que a localização da planta/árvore no pomar é um fator suficientemente importante para influenciar o nº de frutos atacados por uma praga, imagine-se um experimento onde se comece por tomar a área total coberta por um pomar e definíssemos 4 sub-áreas/faixas que seriam: 1- Área da borda; 2 – Área situada a 3m de distância da borda; 3 – Área situada a 10m da borda; 4 – Área do centro do pomar, conforme a figura 387.

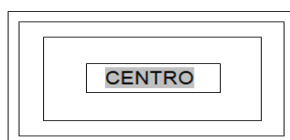


Figura 387– Áreas delimitadoras da localização de plantas/árvores em um pomar – borda, a 3m da borda, a 10m da borda, no centro (Fonte: o pesquisador, 2019)

Considere-se que em cada uma daquelas faixas/zonas de localização, se retiram 6 amostras de frutos das árvores, totalizando 24 observações, conforme a figura 388, registrando-se como nº de frutos atacados os que constam na figura 389.

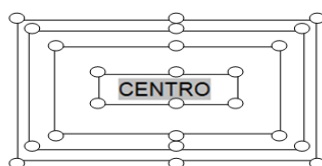


Figura 388– Localização das 24 amostras retiradas no pomar (Fonte: o pesquisador, 2019)

| LOCAL        |             |             |             |             |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| BORDA        | 3m          | 10m         | CENTRO      |             |
| 11           | 8           | 5           | 4           |             |
| 8            | 5           | 7           | 4           |             |
| 5            | 2           | 3           | 2           |             |
| 8            | 5           | 3           | 0           |             |
| 5            | 5           | 7           | 0           |             |
| 11           | 8           | 6           | 4           |             |
| <b>MÉDIA</b> | <b>8,00</b> | <b>5,50</b> | <b>5,17</b> | <b>2,33</b> |

Figura 389 – Resultados para o nº de frutos atacados pelas pragas, conforme a localização da planta/árvore (Fonte: o pesquisador, 2019)

A partir dos resultados de nº de frutos atacados pelas pragas em função da localização das plantas/árvores que constam da figura 389, pode construir-se um gráfico de barras como o da figura 390.

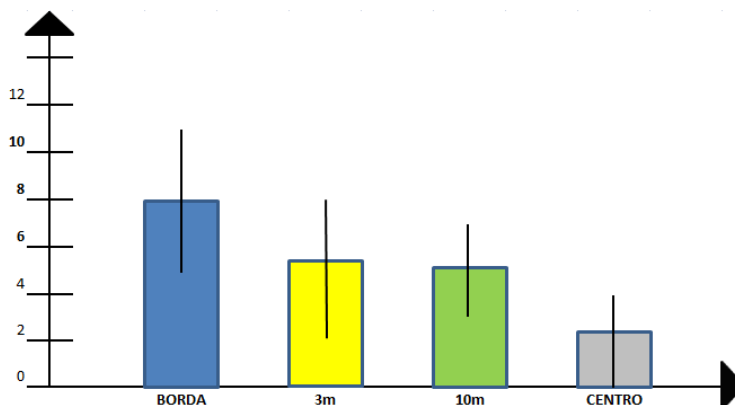


Figura 390 – Gráfico de barras para os resultados do nº de frutos atacados pelas pragas, conforme a localização da planta/árvore (Fonte: o pesquisador, 2019)

Pela altura das barras da figura 390 é visível que há uma tendência para o nº de frutos atacados diminuir à medida que se vai caminhando da borda para o centro do pomar.

**A questão é perceber se isso é estatisticamente significativo.**

Tornando então à “caixa” que consta na figura 386 destacar que: 1 – A caixa representa TODOS os fatores (=variáveis) possíveis que influenciam o nº de frutos atacados, que é a variável Y; 2 – O fator (variável) “Local da Planta” é uma das variáveis X, que é responsável por uma parcela/fração da caixa ( que por sua vez representa todas as variáveis X); 3 – “Outros Fatores”- Resíduo - (outras variáveis), representa todas as outras variáveis X (para além de “Local da Planta”) que influenciam os valores de Y (nº de frutos atacados pelas pragas), ou seja, as influências todas somadas do restante das variáveis.

**4 – “Local da Planta” é uma variável X importante para a variação de Y (nº de frutos atacados) ?**

**Como é que a ANOVA de uma via serve para responder a essa pergunta?**

Através do cálculo do valor de F. O **F é a fração/percentual, entre todas as variáveis que influenciam o valor de Y, que pode ser atribuído à influência de uma determinada variável X específica sobre os valores de Y.**

No caso seria esse percentual de influência sobre o nº de frutos atacados, que pode ser atribuído à variável “Local da Planta”. Quanto maior o valor de F maior a influência da

variável X “Local da Planta” sobre a variável Y (nº de frutos atacados). E isso reforçaria a hipótese dessa variável X ser **estatisticamente relevante**.

Teste de F (teste usado na ANOVA):  $F = (QMTR/QMR)$  , sendo:

**QMTr** = Quadrado médio do tratamento/amostra ( $R^2$  da amostra de valores de Y para uma determinada variável X específica);

**QMR** = Quadrado médio do resíduo ( $R^2$  do resíduo).

**#Sequência de procedimentos para fazer a ANOVA de uma via como uso de EXCEL:**

1 - Seleciona-se a tabela de dados “equivalente” à da figura 389, inclusivé as células dos títulos das categorias de dados (títulos das variáveis), o que poderia corresponder, em termos de endereços de colunas e células à figura 391.

|   | B            | C         | D          | E             |
|---|--------------|-----------|------------|---------------|
| 1 | <b>BORDA</b> | <b>3m</b> | <b>10m</b> | <b>CENTRO</b> |
| 2 | 11           | 8         | 5          | 4             |
| 3 | 8            | 5         | 7          | 4             |
| 4 | 5            | 2         | 3          | 2             |
| 5 | 8            | 5         | 3          | 0             |
| 6 | 5            | 5         | 7          | 0             |
| 7 | 11           | 8         | 6          | 4             |

Figura 391 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte I de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

2 – Seleciona-se o separador/aba “Dados”, e dentro dele o “bloco” “Análise de Dados”, o que abrirá uma caixa de diálogo com o título “Analisar Dados”, do tipo da figura 392, onde selecionaremos a opção “Anova: factor único”. Porquê? Porque no caso do exemplo apenas temos uma variável X envolvida, que é “Local da Planta”; de seguida premir-se-à nessa caixa de diálogo o botão “OK”, o que por sua vez fará abrir uma outra caixa de diálogo com o título “Anova factor único”, conforme a figura 393.

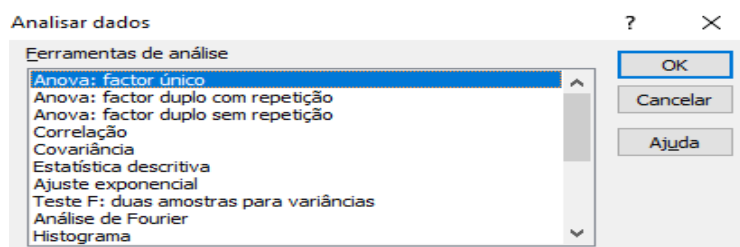


Figura 392 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte II de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

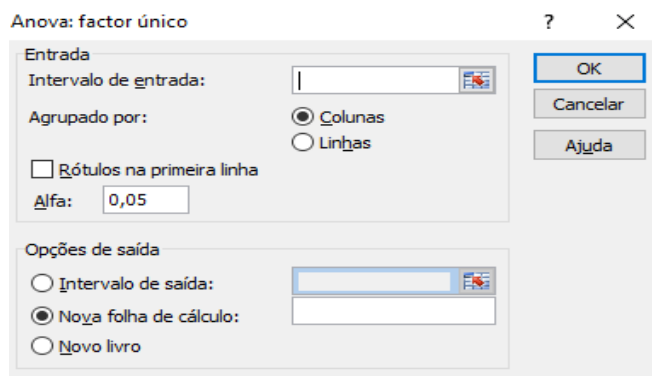


Figura 393 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte III de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

3- Nessa caixa de diálogo, “Intervalo de entrada:” corresponderá aos endereços das células dos dados, inclusivé os títulos das categorias, conforme referido anteriormente;

4- Deixar ativa a opção “Agrupado por: “Colunas”, conforme a figura 393 anterior;

5 – Como na seleção de endereços de células do intervalo de dados se havia incluído os títulos das colunas de dados (localizações de plantas, ou seja, categorias da variável X), deixar ativar a opção “Rótulos na primeira linha”, conforme a figura 394;

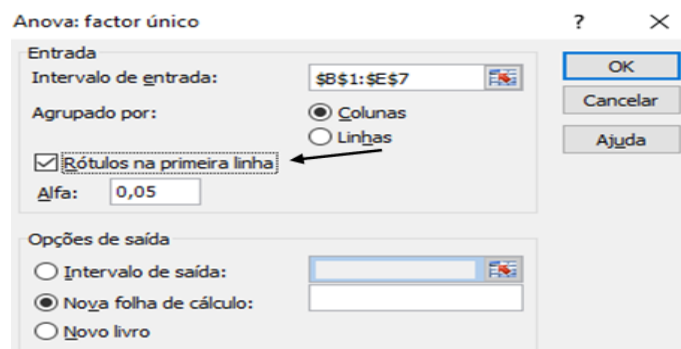


Figura 394 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte IV de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

6 – Na parte dessa caixa de diálogo com o título “Anova: factor único” (figura 394), em “Opções de saída” ativar a opção “Intervalo de saída”, e clicar sobre aquele ícone que está à sua frente, o que abrirá uma pequena caixa de diálogo do tipo da figura 395; o intervalo de saída é onde queremos que seja colocado, no EXCEL, o resultado da ANOVA. Então, se na planilha clicarmos em qualquer célula vazia, o respectivo endereço aparecerá caixa da figura 395; conforme consta na figura 396;



Figura 395 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte V de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)



Figura 396 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte VI de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

7– Dando ENTER, o Excel retornará a uma caixa de diálogo do tipo da figura 394, mas agora assumindo o aspecto da figura 397; ENTER ter-se-ia o que consta da figura 396; a seguir é só clicar no botão “OK”, e se teriam os dados de saída/resultados da ANOVA de uma via, e ocultando-se algumas colunas e células ter-se-à algo como o que consta na figura 398.

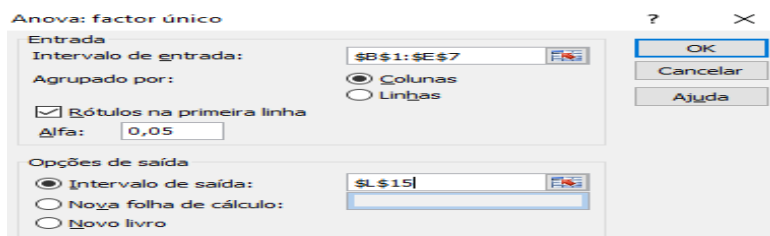


Figura 397 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte VII de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

|    | K                   | L        | M    | N        | O         | P        | Q         | R |
|----|---------------------|----------|------|----------|-----------|----------|-----------|---|
| 6  | Anova: factor único |          |      |          |           |          |           |   |
| 7  |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 8  | SUMÁRIO             |          |      |          |           |          |           |   |
| 9  | Grupos              | Contagem | Soma | Média    | Variância |          |           |   |
| 10 | BORDA               | 6        | 48   | 8        | 7,2       |          |           |   |
| 11 | 3m                  | 6        | 33   | 5,5      | 5,1       |          |           |   |
| 12 | 10m                 | 6        | 31   | 5,166667 | 3,366667  |          |           |   |
| 13 | CENTRO              | 6        | 14   | 2,333333 | 3,866667  |          |           |   |
| 14 |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 15 |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 16 | ANOVA               |          |      |          |           |          |           |   |
| 17 | Fonte de            | SQ       | gl   | MQ       | F         | valor P  | F crítico |   |
| 18 | Entre grup          | 96,83333 | 3    | 32,27778 | 6,609784  | 0,002778 | 3,098391  |   |
| 19 | Dentro de           | 97,66667 | 20   | 4,883333 |           |          |           |   |
| 20 |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 21 | Total               | 194,5    | 23   |          |           |          |           |   |
| 22 |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 23 |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 24 |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 25 |                     |          |      |          |           |          |           |   |
| 26 |                     |          |      |          |           |          |           |   |

Figura 398 – Procedimentos para execução de ANOVA de uma via para o exemplo, parte VIII de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Observando a porção de planilha de excel que consta da figura 398 com os respectivos resultados da ANOVA de uma via, destacar que:

- pode-se verificar que os valores de Variância têm uma grande diferença de um tratamento/amostra/grupo para outro;

**Mas para o pesquisador os dois valores mais importantes são: F e valor de p;**

-  $F (= 6,609784) > F_{\text{crítico}} (= 3,098391)$  e **isso é muito importante pois é esse fato que confere significância (relevância estatística) aos tratamentos/grupos/conjunto de colunas que representam a variável X “Local da Planta”**; o fato de que **valor  $P < 0,05$  comprova essa significância/relevância estatística**;

De onde vem/resulta o valor de  $F$  ? Anteriormente havia se afirmado que ele resultava de dividir o valor do quadrado médio ( $R^2$ ) dos tratamentos pelo quadrado médio ( $R^2$ ) dos resíduos, o que em termos de porção de tabela da figura 398 resulta/significa que:  **$F = (MQ_{\text{entre grupos}}) / (MQ_{\text{dentro de grupo}})$** ;

O que é que isso significa aqui para o presente exemplo? Significa que a variável X “Local da Planta” explica uma boa parte, uma parte significativa, dentre o conjunto de todos os fatores (variáveis X) que explicam o nº de frutos atacados pelas pragas;

Mas, a ANOVA de uma via diz-nos apenas que o conjunto de tratamentos, o conjunto de grupos de observações, aquela variável X “Local da Planta” como um todo, foram/foi significativa/relevante, mas não nos diz qual ou quais amostras foram relevantes, se apenas uma amostra/grupo dentre X foi, se foram todos os grupos/amostras dessa variável “Local da Planta”.

É o mesmo que dizer que a ANOVA informa se existe ou não diferença entre as amostras, mas não diz qual ou quais amostras está (ão) diferindo das outras.

**Para se saber qual (is) tratamentos/amostras são significativos/as (diferem dos outros/as) se usa o TESTE DE TUKEY.**

Para poder usar o teste, em EXCEL, tem que se fazer o download do software PAST. Assim que isso for feito o software abrirá uma planilha muito semelhante às vulgares planilhas de excel, para a qual pode-se começar por copiar a tabela de dados do presente exemplo, só que agora sem incluir os títulos das colunas de dados (Borda, 3m, 10m, Centro); selecionam-se as células pretendidas na planilha de dados de origem do excel, faz-se “copy” (colar), seleciona-se já dentro da planilha do PAST um endereço de célula vazio qualquer e faz-se “paste” (colar). Opção que está inclusa, junto com as opções “cut, “copy” e “select all”, no separador/aba EDIT do software; em seguida seleciona-se já dentro do PAST os endereços das células onde se colocaram os dados do exemplo, vai-se no separador/aba “univariable, escolhe-se a opção “Several-sample tests (ANOVA, Kruskal-Wallis), abre-se-nos uma caixa de diálogo do tipo da figura 399. Essa caixa de diálogo está nos apresentando aproximadamente os mesmos resultados que o excel já havia nos fornecido, mas isso porque está ativa a aba/separador “One-Way ANOVA; se nessa caixa de diálogo da figura 399 ativarmos a aba/separador “Turkeys-Pairwise” observar-se-à que a caixa de diálogo passará a assumir o aspecto da figura 400;



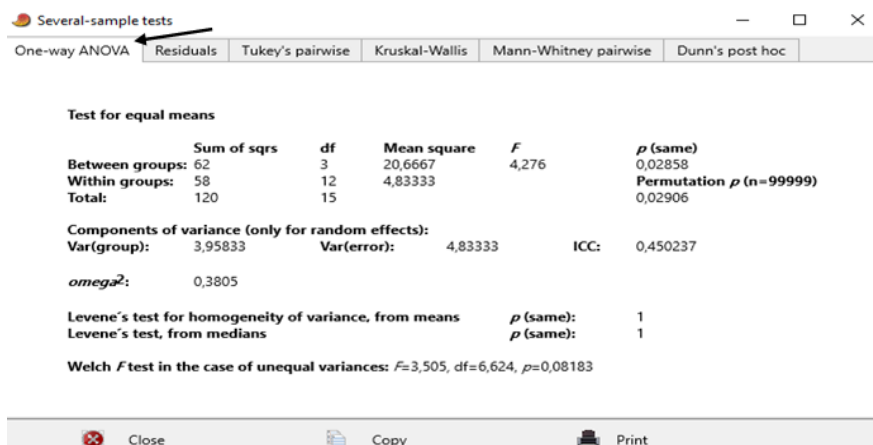


Figura 399 – Aplicação do Teste de Tukey ao exemplo, parte I de II (Fonte: o pesquisador, 2019)

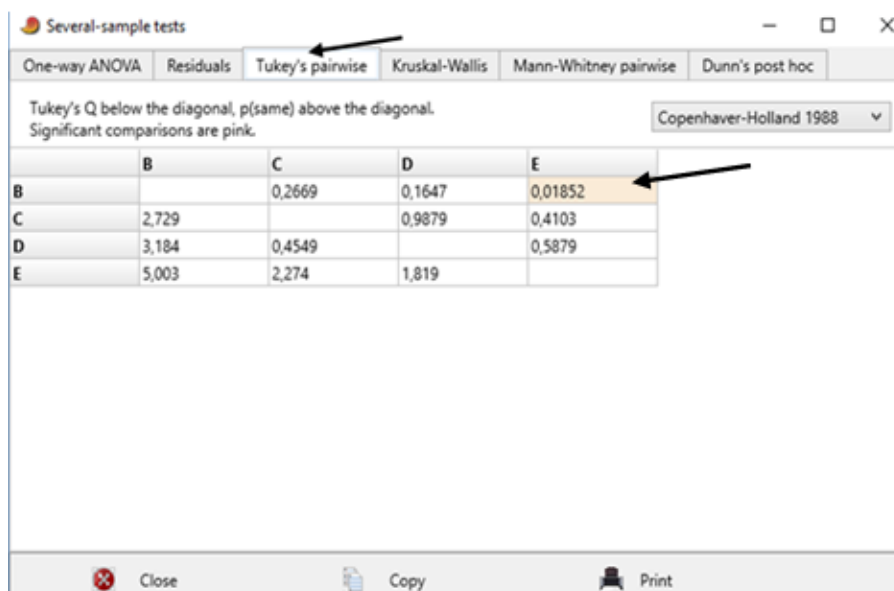


Figura 400 – Aplicação do Teste de Tukey ao exemplo, parte II de II (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Então o que é que o Teste de Tukey faz?** Observando-se com atenção essa matriz que o PAST nos devolve conforme a figura 400, uma única célula se destaca das outras por estar em cor salmão, e não a branco, que é a célula de cruzamento da linha B com a coluna E; no caso, B, C, D, e E correspondem a localizações das plantas. Assim, B corresponderá à Borda, C corresponderá a 3m de distância da borda, D corresponderá a 10m de distância da borda, e E corresponderá ao Centro do pomar. Então, pelo fato da célula de cruzamento Borda/Centro se destacar em cor salmão, o que o Teste de Tukey está nos informando é que apenas existe uma grande variação entre o nº de frutos afetados pelas pragas quando se compara o Centro do pomar à Borda do mesmo. Só se “destaca” a diferença em Y entre Centro e Borda **só esse valor de comparação tem significância**. Apenas as plantas do

Centro (as de E), se destacam significativamente das plantas da Borda (as de B), sofrendo bem menos ataques aos seus frutos que estas últimas.

### 3.7.8 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON, ENTRE DUAS VARIÁVEIS (INDEPENDENTES, NO CASO), PARA EFEITOS DE VERIFICAÇÃO DE MULTICOLINEARIDADE.

A correlação entre duas variáveis é uma medida estatística “clássica”. É uma medida de associação que pode ocorrer entre duas variáveis. O seu valor varia sempre entre -1 e +1. A correlação entre duas variáveis se determina com facilidade usando o excel em 10 passos, que são:

- I – Calcular o somatório de cada variável;
- II – Calcular a média de cada variável;
- III – Calcular o desvio em relação à média de cada sujeito;
- IV – Calcular a covariação entre as duas variáveis;
- V – Calcular a covariância;
- VI – Calcular a variância de cada sujeito;
- VII – Calcular a variância total de cada variável;
- VIII – Calcular o desvio-padrão de cada variável;
- IX – Calcular o produto dos desvios-padrões (desvio-padrão de x\*desvio-padrão de y)
- X – Calcular a correlação de Pearson.

**Exemplo 1 para cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis**(área de psicologia): Tem-se uma amostra de dez sujeitos que foram avaliados como tendo em simultâneo BDI e BAI (siglas de doenças), de acordo com os valores apresentados na figura 401. A partir dos valores registrados para o BDI e para o BAI e que constam nessa figura (e para os ditos sujeitos), pretende-se saber se essas duas variáveis se associam (correlacionam) e como elas se associam (se correlacionam).

|         | X   | Y   |
|---------|-----|-----|
| SUJEITO | BDI | BAI |
| 1       | 41  | 28  |
| 2       | 46  | 57  |
| 3       | 39  | 61  |
| 4       | 0   | 49  |
| 5       | 4   | 30  |
| 6       | 40  | 46  |
| 7       | 29  | 54  |
| 8       | 52  | 43  |
| 9       | 18  | 42  |
| 10      | 55  | 49  |
| SOMA    | 324 | 459 |

Figura 401 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte I de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Num primeiro momento podem-se designar aquelas duas variáveis respectivamente de: BDI = X e BAI = Y. Seguindo então os 10 passos enunciados anteriormente, para se chegar à correlação (de Pearson) entre essas duas variáveis tem-se:

**Passo 1:** Determinar a soma dos valores para cada uma dessas duas variáveis (recorre-se à função SOMA do Excel);

**Passo 2:** Determinação da média de cada uma das variáveis (depois de calculada a soma usando a respectiva função do EXCEL, bastaria nas células seguintes das correspondentes colunas dividir o valor da soma pelo número de elementos das amostras/varáveis. E se chegaria então à figura 402.

|         | X    | Y    |
|---------|------|------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  |
| 1       | 41   | 28   |
| 2       | 46   | 57   |
| 3       | 39   | 61   |
| 4       | 0    | 49   |
| 5       | 4    | 30   |
| 6       | 40   | 46   |
| 7       | 29   | 54   |
| 8       | 52   | 43   |
| 9       | 18   | 42   |
| 10      | 55   | 49   |
| SOMA    | 324  | 459  |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |

Figura 402 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte II de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Passo 3:** Cálculo da covariação entre as duas variáveis.

Podem-se então acrescentar duas colunas à figura 402, sendo que cada um desses desvios procurados pode ser obtido da seguinte forma: desvio = valor do sujeito (endereço de célula que não se fixará para que possa ir variando à medida que se arrasta o cursor no EXCEL ao longo da respectiva coluna de dados), a dividir pelo valor da média (que corresponde a um endereço fixo da planilha de excel. Fazendo isso chegar-se-ia à figura 403.

|         | X    | Y    |                  |                  |
|---------|------|------|------------------|------------------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  | Desvio média (X) | Desvio média (Y) |
| 1       | 41   | 28   | 8,6              | -17,9            |
| 2       | 46   | 57   | 13,6             | 11,1             |
| 3       | 39   | 61   | 6,6              | 15,1             |
| 4       | 0    | 49   | -32,4            | 3,1              |
| 5       | 4    | 30   | -28,4            | -15,9            |
| 6       | 40   | 46   | 7,6              | 0,1              |
| 7       | 29   | 54   | -3,4             | 8,1              |
| 8       | 52   | 43   | 19,6             | -2,9             |
| 9       | 18   | 42   | -14,4            | -3,9             |
| 10      | 55   | 49   | 22,6             | 3,1              |
| SOMA    | 324  | 459  |                  |                  |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |                  |                  |

Figura 403 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte III deVIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Passo 4:** Determinação do desvio em relação à média, para cada sujeito, e para cada uma das variáveis.

A covariação entre as duas variáveis é igual ao somatório dos produtos dos desvios dos sujeitos correspondentes (das variáveis). Então para isso convém lançar mão de uma coluna a mais, em relação à figura 403, para calcular esses produtos dos correspondentes desvios em relação às respectivas médias, e depois usar a função soma para chegar ao valor da covariação (somatório desses produtos). Se chegaria assim à figura 404.

|         | X    | Y    |                  |                  |           |
|---------|------|------|------------------|------------------|-----------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(X)*d(Y) |
| 1       | 41   | 28   | 8,6              | -17,9            | -153,94   |
| 2       | 46   | 57   | 13,6             | 11,1             | 150,96    |
| 3       | 39   | 61   | 6,6              | 15,1             | 99,66     |
| 4       | 0    | 49   | -32,4            | 3,1              | -100,44   |
| 5       | 4    | 30   | -28,4            | -15,9            | 451,56    |
| 6       | 40   | 46   | 7,6              | 0,1              | 0,76      |
| 7       | 29   | 54   | -3,4             | 8,1              | -27,54    |
| 8       | 52   | 43   | 19,6             | -2,9             | -56,84    |
| 9       | 18   | 42   | -14,4            | -3,9             | 56,16     |
| 10      | 55   | 49   | 22,6             | 3,1              | 70,06     |
| SOMA    | 324  | 459  |                  |                  | 490,4     |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |                  |                  |           |

Figura 404 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte IV deVIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

A covariação é um primeiro passo para se chegar à determinação da **covariância entre as variáveis**. A covariância entre as variáveis **pode ser dada por uma das seguintes expressões conforme se trate de amostras ou de populações**.

**Covariância entre variáveis** EM AMOSTRAS =  $[1/(n-1)] * \text{Covariação entre as variáveis}$

**Covariância entre variáveis** EM POPULAÇÕES =  $[1/n] * \text{Covariação entre as variáveis}$

**Passo 5:** Determinação da covariância entre as variáveis

Como no nosso caso estamos em presença de amostras e não de populações, a fórmula a aplicar seria:  $= [1/(n-1)] * \text{Covariação entre as variáveis}$ ; como a covariação entre as variáveis já foi calculada no passo 4 e seu valor está na figura 404 a amarelo, ficaria então:  $= (1/9) * 490,4 = 54,488889$  e teríamos a figura 405.

|         | X    | Y    |                  |                  |            |
|---------|------|------|------------------|------------------|------------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(X)*d(Y)  |
| 1       | 41   | 28   | 8,6              | -17,9            | -153,94    |
| 2       | 46   | 57   | 13,6             | 11,1             | 150,96     |
| 3       | 39   | 61   | 6,6              | 15,1             | 99,66      |
| 4       | 0    | 49   | -32,4            | 3,1              | -100,44    |
| 5       | 4    | 30   | -28,4            | -15,9            | 451,56     |
| 6       | 40   | 46   | 7,6              | 0,1              | 0,76       |
| 7       | 29   | 54   | -3,4             | 8,1              | -27,54     |
| 8       | 52   | 43   | 19,6             | -2,9             | -56,84     |
| 9       | 18   | 42   | -14,4            | -3,9             | 56,16      |
| 10      | 55   | 49   | 22,6             | 3,1              | 70,06      |
| SOMA    | 324  | 459  |                  | COVARIÇÃO        | 490,4      |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |                  | COVARIÂNCIA      | 54,4888889 |

Figura 405 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte V de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Passo 6:** Calcular a variância de cada sujeito – A variância de cada sujeito é igual ao quadrado do seu desvio em relação à média =  $(x_i - \bar{x})^2$

Como já se havia determinado os desvios de cada um dos sujeitos das variáveis em relação às respectivas médias (figura 403), bastará acrescentar duas colunas à figura 405, e elevar os valores anteriormente determinados ao quadrado, e ter-se-à a figura 406.

|         | X    | Y    |                  |                  |            |               |               |
|---------|------|------|------------------|------------------|------------|---------------|---------------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(X)*d(Y)  | Variância (X) | Variância (Y) |
| 1       | 41   | 28   | 8,6              | -17,9            | -153,94    | 73,96         | 320,41        |
| 2       | 46   | 57   | 13,6             | 11,1             | 150,96     | 184,96        | 123,21        |
| 3       | 39   | 61   | 6,6              | 15,1             | 99,66      | 43,56         | 228,01        |
| 4       | 0    | 49   | -32,4            | 3,1              | -100,44    | 1049,76       | 9,61          |
| 5       | 4    | 30   | -28,4            | -15,9            | 451,56     | 806,56        | 252,81        |
| 6       | 40   | 46   | 7,6              | 0,1              | 0,76       | 57,76         | 0,01          |
| 7       | 29   | 54   | -3,4             | 8,1              | -27,54     | 11,56         | 65,61         |
| 8       | 52   | 43   | 19,6             | -2,9             | -56,84     | 384,16        | 8,41          |
| 9       | 18   | 42   | -14,4            | -3,9             | 56,16      | 207,36        | 15,21         |
| 10      | 55   | 49   | 22,6             | 3,1              | 70,06      | 510,76        | 9,61          |
| SOMA    | 324  | 459  |                  | COVARIÇÃO        | 490,4      |               |               |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |                  | COVARIÂNCIA      | 54,4888889 |               |               |

Figura 406 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte VI de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Passo 7:** Calcular a variância total de cada variável – A variância total de cada variável não é mais que o somatório das variâncias dos seus sujeitos a dividir pelo n° de elementos da amostra subtraído de 1.

**Passo 8:** Calcular o desvio-padrão de cada variável – Ele não é mais que a raiz quadrada da variância dessa variável.

Então, depois de executar os passos 7 e 8 aqui para o presente exemplo, se chegaria à figura 407.

|         | X    | Y    |                  |                  |             |               |               |
|---------|------|------|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(X)*d(Y)   | Variância (X) | Variância (Y) |
| 1       | 41   | 28   | 8,6              | -17,9            | -153,94     | 73,96         | 320,41        |
| 2       | 46   | 57   | 13,6             | 11,1             | 150,96      | 184,96        | 123,21        |
| 3       | 39   | 61   | 6,6              | 15,1             | 99,66       | 43,56         | 228,01        |
| 4       | 0    | 49   | -32,4            | 3,1              | -100,44     | 1049,76       | 9,61          |
| 5       | 4    | 30   | -28,4            | -15,9            | 451,56      | 806,56        | 252,81        |
| 6       | 40   | 46   | 7,6              | 0,1              | 0,76        | 57,76         | 0,01          |
| 7       | 29   | 54   | -3,4             | 8,1              | -27,54      | 11,56         | 65,61         |
| 8       | 52   | 43   | 19,6             | -2,9             | -56,84      | 384,16        | 8,41          |
| 9       | 18   | 42   | -14,4            | -3,9             | 56,16       | 207,36        | 15,21         |
| 10      | 55   | 49   | 22,6             | 3,1              | 70,06       | 510,76        | 9,61          |
| SOMA    | 324  | 459  |                  | COVARIANÇA       | 490,4       | 370,0444444   | 114,7666667   |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |                  | COVARIÂNCIA      | 54,48888889 | 19,23653931   | 10,71292055   |

Figura 407 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte VII de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Passo 9:** Calcular o produto dos desvios-padrão entre as duas variáveis – Seria diretamente multiplicar os valores das últimas células de cada uma das duas últimas colunas da figura 407.

**Passo 10:** Calcular a correlação de Pearson entre as duas variáveis

Correlação de Pearson entre 2 variáveis = Covariância (= Passo 5) / (desvio-padrão da 1ª variável \* desvio-padrão da 2ª variável)

Acrescentando mais uma coluna e uma linha, procedendo à operação necessária para o passo 9 e à fórmula necessária para o passo 10, se chegaria à figura 408;

|         | X    | Y    |                  |                  |             |               |               |                   |
|---------|------|------|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|-------------------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(X)*d(Y)   | Variância (X) | Variância (Y) |                   |
| 1       | 41   | 28   | 8,6              | -17,9            | -153,94     | 73,96         | 320,41        |                   |
| 2       | 46   | 57   | 13,6             | 11,1             | 150,96      | 184,96        | 123,21        |                   |
| 3       | 39   | 61   | 6,6              | 15,1             | 99,66       | 43,56         | 228,01        |                   |
| 4       | 0    | 49   | -32,4            | 3,1              | -100,44     | 1049,76       | 9,61          |                   |
| 5       | 4    | 30   | -28,4            | -15,9            | 451,56      | 806,56        | 252,81        |                   |
| 6       | 40   | 46   | 7,6              | 0,1              | 0,76        | 57,76         | 0,01          |                   |
| 7       | 29   | 54   | -3,4             | 8,1              | -27,54      | 11,56         | 65,61         |                   |
| 8       | 52   | 43   | 19,6             | -2,9             | -56,84      | 384,16        | 8,41          |                   |
| 9       | 18   | 42   | -14,4            | -3,9             | 56,16       | 207,36        | 15,21         |                   |
| 10      | 55   | 49   | 22,6             | 3,1              | 70,06       | 510,76        | 9,61          |                   |
| SOMA    | 324  | 459  |                  | COVARIANÇA       | 490,4       | 370,0444444   | 114,7666667   |                   |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |                  | COVARIÂNCIA      | 54,48888889 | 19,23653931   | 10,71292055   | 206,0795172       |
|         |      |      |                  | Rpearson         | 0,264407107 |               |               | D-padrA * D-padrB |

Figura 408 – Verificação da correlação de Pearson entre duas variáveis independentes, Parte VIII de VIII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Esta seria uma forma mais básica de obtermos a Correlação de Pearson com uso do excel numa sequência de 10 passos. Mas existe uma outra mais expedita recorrendo a fórmulas/funções já pré-incorporadas no EXCEL. Assim, na planilha da figura 408 poder-se-ia acrescentar mais uma linha, clicar-se no seu endereço da 1ª das colunas (da esquerda para a direita) e começar por premir o botão que consta na figura 409.

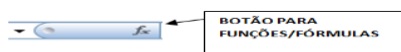


Figura 409 – Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, parte I de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)

Ao se proceder desse modo abre-se uma caixa de diálogo com o título “Inserir função”, do tipo da figura 410, onde deveremos ativar a escolha, dentre os vários tipos de funções disponíveis de “Estatística”, dentro dela seleciona-se a função “PEARSON” e pime-se “OK”.

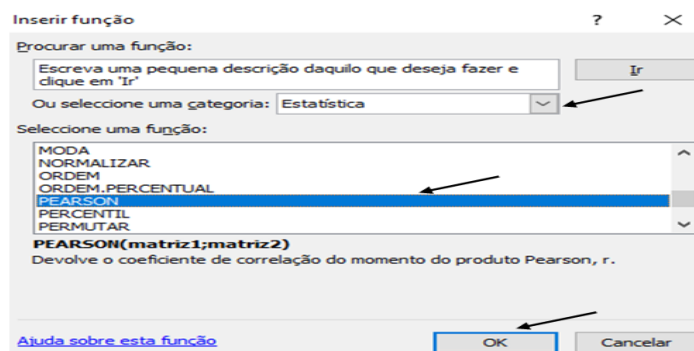


Figura 410 – Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, parte II de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)

Aparece uma nova caixa de diálogo com o título “Argumentos de função”, na qual pode-se colocar o cursor no campo em branco em frente de “Matriz 1” e selecionar todas as células que contenham valores numéricos da variável X do exemplo, bem como pode-se colocar o cursor no campo em branco em frente de “Matriz 2” e selecionar todas as células com valores numéricos da variável Y do exemplo. E clica-se de seguida em “OK”, conforme a figura 411.

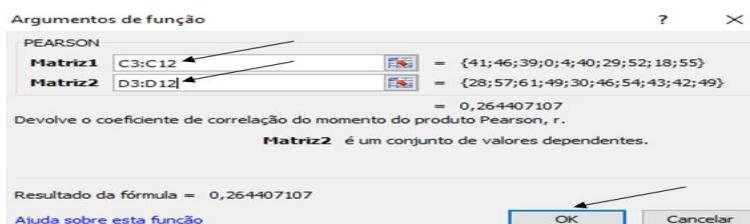


Figura 411 – Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, parte III de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)

Verifica-se que o resultado obtido é o mesmo que havia sido pelo procedimento dos 10 passos, conforme a figura 412.

|         | X    | Y    |                  |                  |             |               |               |                   |
|---------|------|------|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|-------------------|
| SUJEITO | BDI  | BAI  | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(X)*d(Y)   | Variância (X) | Variância (Y) |                   |
| 1       | 41   | 28   | 8,6              | -17,9            | -153,94     | 73,96         | 320,41        |                   |
| 2       | 46   | 57   | 13,6             | 11,1             | 150,96      | 184,96        | 123,21        |                   |
| 3       | 39   | 61   | 6,6              | 15,1             | 99,66       | 43,56         | 228,01        |                   |
| 4       | 0    | 49   | -32,4            | 3,1              | -100,44     | 1049,76       | 9,61          |                   |
| 5       | 4    | 30   | -28,4            | -15,9            | 451,56      | 806,56        | 252,81        |                   |
| 6       | 40   | 46   | 7,6              | 0,1              | 0,76        | 57,76         | 0,01          |                   |
| 7       | 29   | 54   | -3,4             | 8,1              | -27,54      | 11,56         | 65,61         |                   |
| 8       | 52   | 43   | 19,6             | -2,9             | -56,84      | 384,16        | 8,41          |                   |
| 9       | 18   | 42   | -14,4            | -3,9             | 56,16       | 207,36        | 15,21         |                   |
| 10      | 55   | 49   | 22,6             | 3,1              | 70,06       | 510,76        | 9,61          |                   |
| SOMA    | 324  | 459  |                  | COVARIANÇA       | 490,4       | 370,0444444   | 114,7666667   |                   |
| MEDIA   | 32,4 | 45,9 |                  | Rpearson         | 0,264407107 | 19,23653931   | 10,71292055   | 206,0795172       |
|         |      |      |                  |                  |             |               |               | D-padrA * D-padrB |

Figura 412 – Forma mais expedita de cálculo da correlação de Pearson entre duas variáveis, parte IV de IV (Fonte: o pesquisador, 2019)

Agora faltará retirar o significado obtido para aquele valor obtido para a correlação de Pearson, no exemplo.

**# INTERPRETAÇÃO DA CORRELAÇÃO DE PEARSON** – Comece-se por observar a figura 413 a seguir.

| COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO | CORRELAÇÃO        |
|---------------------------|-------------------|
| R = 1                     | PERFEITA POSITIVA |
| 0,8 ≤ R < 1               | FORTE POSITIVA    |
| 0,5 ≤ R < 0,8             | MODERADA POSITIVA |
| 0,1 ≤ R < 0,5             | FRACA POSITIVA    |
| 0 < R < 1                 | ÍNFIMA POSITIVA   |
| 0                         | NULA              |
| - 0,1 < R < 0             | ÍNFIMA NEGATIVA   |
| -0,5 < R ≤ -0,1           | FRACA NEGATIVA    |
| -0,8 < R ≤ -0,5           | MODERADA NEGATIVA |
| -1 < R ≤ -0,8             | FORTE NEGATIVA    |
| R = -1                    | PERFEITA NEGATIVA |

Figura 413 – Intervalos de valores do coeficiente de correlação de Pearson e correspondentes tipos de correlações (Fonte: o pesquisador, 2019)

Dessa forma, podem-se ter **correlações positivas, correlações negativas ou uma correlação nula entre variáveis** (duas variáveis, no caso).

O que significam correlações positivas entre variáveis ? Significa que quanto maior for a intensidade de uma dessas variáveis maior será a intensidade da outra; e que tipo de correlações positivas se podem ter? Podem-se ter correlações moderadas, se os valores de



correlação de Pearson ( **R ou r** ) forem mais baixos, ou correlações fortes quando os valores de r forem mais altos.

O que significam correlações negativas entre variáveis ? Significa que quanto maior for a intensidade de uma dessas variáveis menor será a intensidade da outra; do mesmo modo essas correlações negativas podem ser moderadas, se os valores de r negativos forem, em módulo mais baixos, ou podem ser fortes quando os valores de r negativos forem, em módulo, mais altos.

É muito raro haverem correlações perfeitas positivas (  $r = 1$  ), a não ser de que se trate da mesma variável; mas podem haver correlações positivas muito fortes ( com um valor de r da ordem ou até maior que 0,8 eventualmente).

Depois existe o caso particular da correlação nula (  $r = 0$  ).

e que tipo de correlações positivas se podem ter? Podem-se ter correlações moderadas, se os valores de correlação de Pearson ( **R ou r** ) forem mais baixos, ou correlações fortes quando os valores de r forem mais altos.

Exemplo prático para interpretação de valores r, de correlação de Pearson: suponha-se a matriz de valores da figura 414, que mostra os valores de correlação de Pearson entre preferências dos clientes por diversos tipos de comida.

|  | 1      | 2       | 3      | 4      | 5       | 6 |
|--|--------|---------|--------|--------|---------|---|
| 1. COMIDA TRADICIONAL PORTUGUESA       | 1      |         |        |        |         |   |
| 2. COMIDA VEGETARIANA OU VEGANA        | -0,099 | 1       |        |        |         |   |
| 3. COMIDA BIOLÓGICA OU ORGÂNICA        | 0,17   | 0,275## | 1      |        |         |   |
| 4. COMIDA TRADICIONAL DE OUTROS PAÍSES | -0,027 | 0,093   | 0,088  | 1      |         |   |
| 5. COMIDA GOURMET                      | 0,014  | 0,169   | 0,214# | 0,204# | 1       |   |
| 6. COMIDA RÁPIDA OU FAST-FOOD          | -0,196 | -0,112  | -0,024 | 0,135  | -0,189# | 1 |

Figura 414 – Coeficientes de correlação de Pearson na preferência de clientes por tipos de comidas diferentes (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Notas Importantes:**

**##** - A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral)

**#** - A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral)

r = Correlação

**1** – Os valores da figura 414 que não estão assinalados com # ou com ## são valores de correlações não significativas, ou seja, são correlações que não chegam a atingir um grau de certeza de 95%;

**2** – Dizer que um valor de correlação é significativo ao nível 0,01 significa que se tem um grau de certeza naquele valor de 99%;

**3** – Dizer que um valor de correlação é significativo ao nível de 0,05 significa que se tem um grau de certeza naquele valor de 95%;

Comentários: 1 - A quantidade de valores/variáveis correlacionadas é muito pequeno/a; 2 – Muito poucas correlações são significativas ( apenas 4 valores atingem um grau de certeza de 95% (#) ou de 99% (##); 3 – Mesmo as correlações que são significativas apresentam um grau de significância reduzido ( 3 das 4 correlações significativas são ao nível 0,05, o que implica que têm uma significância de apenas 95%; só uma delas é significativa ao nível 0,01, o que implica que atinge uma significância de 99%; 4 – A intensidade das correlações ( os valores de r ) também são reduzidas (valores baixos em módulo, tanto os valores positivos quanto os negativos); 5 – Mesmo tendo em conta os comentários anteriores há duas situações para as quais se pode chamar a atenção e que são:

- Uma primeira situação é a correlação entre a preferência pela comida orgânica e pela comida vegetariana: embora o valor de correlação ainda seja baixo (0,275), a sua significância é grande (99%) e o valor é positivo, o que significa que quanto mais/maior é a propensão em comer comida vegetariana, também maior é a propensão em comer comida biológica. É natural, pois a opção por comida vegetariana é a de optar por uma comida natural e também a opção por comida biológica/orgânica vai pelos mesmos princípios (não utilização de inseticidas, por exemplo).

- Uma outra situação são as correlações entre a comida biológica/orgânica e a comida gourmet, e também entre a comida gourmet e a comida tradicional de outros países. O que é que os respectivos valores da matriz da figura 414 querem dizer? Embora a intensidade dessas duas correlações ainda seja baixa (0,214 e 0,204) e a sua significância não seja muito grande (95%), pode-se afirmar que quem prefere comida gourmet também prefere comida biológica/orgânica e também prefere comida tradicional de outros países. **Como é que isso poderia ser interpretado?** Bom, quem prefere comida gourmet é porque prefere uma comida requintada/sofisticada e é natural que também prefira comida tradicional de outros países/"do mundo", porque afinal é um tipo de comida que não se encontra todos os dias à disposição, e por outro lado, também é normal que prefira comida biológica/orgânica pois esta para além de ser saudável é uma comida que preserva o sabor natural dos alimentos, que é um sabor mais intenso.

### **3.7.9 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA USANDO O EXCEL**

- Começa-se por fixar uma das variáveis como variável dependente Y e todas as outras funcionarão como variáveis independentes X;

- O “Bloco” de Análise de Dados do Excel tem que estar ativo (vimos anteriormente como ativá-lo: Menu Arquivo -> Botão do Office -> Na caixa de diálogo com o título “Opções do Excel” -> Suplementos -> Analysis Toolpak -> Ir -> Ativar o pequeno visto na opção Analysis Toolpak que está dentro da caixa de diálogo com o título “Suplementos” -> premir “OK”; entrando no separador/aba “Dados” do Excel se verá que está disponível um “Bloco” de “Análise de Dados”);

**Exemplo didático para efetuar regressão linear múltipla com o uso do EXCEL:**

Pretende-se montar um modelo matemático que determine qual o valor de locação (aluguel) de um imóvel na região de Curitiba, modelo esse baseado em algumas variáveis. Suponha-se então os dados que constam na figura 415.

| VALOR DE LOCAÇÃO | m2  | BANHEIROS | QUARTOS | LOCALIZAÇÃO |
|------------------|-----|-----------|---------|-------------|
| 700              | 50  | 2         | 2       | 8           |
| 800              | 60  | 2         | 2       | 7           |
| 1500             | 80  | 2         | 3       | 9           |
| 2000             | 100 | 3         | 3       | 8           |
| 800              | 40  | 1         | 1       | 7           |
| 1000             | 70  | 2         | 2       | 6           |

Figura 415 – Dados iniciais para a variável dependente Y e para as variáveis independentes X do exemplo didático de regressão linear múltipla com uso de EXCEL (Fonte: o pesquisador, 2019)

À variável independente “Localização” foram atribuídos valores de 1 a 10, sendo que 10 corresponderia à localização mais cara na região considerada para o modelo, e 1 corresponderia à localização mais barata nessa região. Normalmente quanto mais próximo do centro da cidade (localização) maior costuma ser o valor de locação, mas não é obrigatório. Isso se for pretendido que se use a variável independente “Localização” no modelo para previsão do valor da variável dependente Y “Valor de Locação”, o que também não é obrigatório. Poderia se pensar em modelos alternativos que não usassem essa variável independente X.

Nota: apesar de se tratar de um exemplo didático para aplicação da regressão linear múltipla em EXCEL, os valores de dados que se tomaram tentaram ser mais ou menos “consistentes” como que usa ser a realidade, no sentido de que quanto maior o nº de Banheiros mais caro tende a ser o valor de locação, nº de quartos também, quanto maior a área dos apartamentos também mais caro costuma ser, bem como quanto menor o valor da distância ao centro da cidade, o que está implícito naquele valor atribuído à variável “Localização”, em termos de escala de 1 a 10.

Varáveis predictoras são então as independentes: - m<sup>2</sup>; - Banheiros; - Quartos; - Localização.

Por hipótese poderiam ter sido acrescentadas outras variáveis previsoras no modelo como: - se tem portaria 24 horas/dia ou não; - valor de condomínio; - se tem “playground” ou não; - se tem salão de festas ou não; - se tem quadra poliesportiva ou não; - se tem piscina ou não; etc. Poderiam se usar múltiplas variáveis independentes para montar a equação que vai determinar o valor de locação. Quanto mais dados se conseguirem, quanto mais variáveis significativas se conseguirem, tanto mais perfeita ficará a regressão. No caso presente, em se tratando de um exemplo didático, temos apenas dados referentes a 6 apartamentos e 4 variáveis independentes diferentes.

Então, com os dados da figura 415, clica-se sobre o separador/aba “Dados”, e na opção “Analisar Dados”, que nos abre uma caixa de diálogo com o título “Analisar Dados”, que traz várias ferramentas de análise e onde se selecionará a opção “Regressão” e se premirá “OK”, conforme a figura 416.

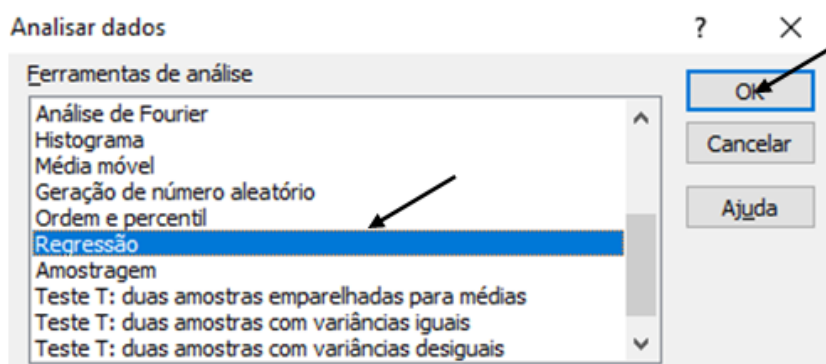


Figura 416 – Análise de regressão linear múltipla com uso de EXCEL, parte I de VII  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

Ao premir “OK” abre-se uma outra caixa de diálogo com o título “Regressão”, onde naquele campo branco em frente a “Intervalo Y” colocaremos o cursor piscando, vai-se aos dados da figura 415 e selecionam-se os dados da nossa variável dependente Y, que é o valor de locação, inclusive o próprio título dessa coluna de dados (“Valor de Locação”). Em seguida, naquela parte branca em frente de “Intervalo X” coloca-se o cursor piscando e vai-se aos dados da figura 415 e selecciona-se toda a faixa de células que contenha os dados das variáveis previsoras (independentes) X, inclusivé os endereços dos títulos das respectivas colunas. E ativa-se o pequeno visto onde está “Rótulos”. Ter-se-à algo como o que consta na figura 417.

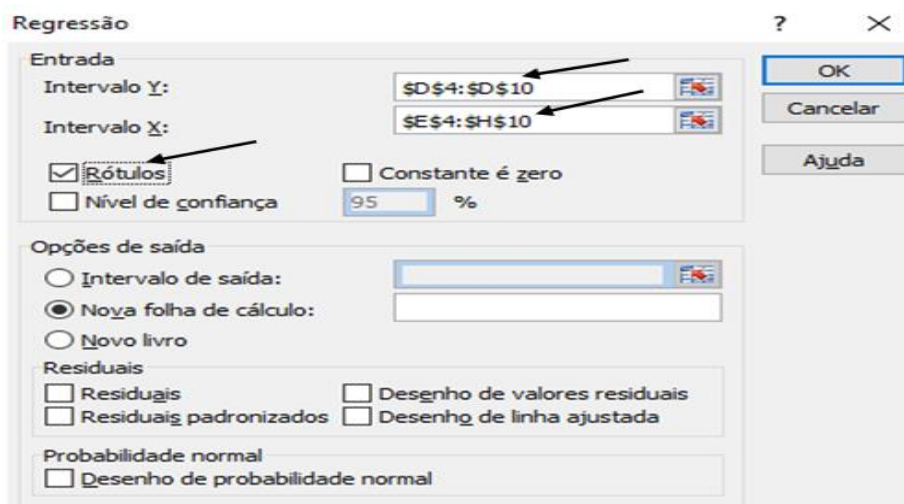


Figura 417 – Análise de regressão linear múltipla com uso de EXCEL, parte II de VII  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

Nessa caixa de diálogo “Regressão”, da figura 417, em “opções de saída”, pode-se verificar que existem três opções; a 1ª, onde está “Intervalo de Dados”, permite-nos selecionar uma “faixa de células” na planilha onde temos os dados do exemplo didático, que esteja vazia, para colocarmos os resultados da análise de regressão múltipla. Ou pode-se escolher a segunda opção “Nova folha de cálculo”, ou ainda a terceira, “Novo livro”. No caso ativaríamos a 1ª opção, colocaríamos naquele campo branco em frente de “Intervalo de saída” o cursor piscando, iríamos à planilha em excel onde temos os dados do nosso exemplo didático, e selecionaríamos uma faixa de células cujo conteúdo estivesse vazio, que seria onde se quereria colocar os resultados da regressão linear múltipla do exemplo. E se premiria “OK” nessa caixa de diálogo, conforme a figura 418.

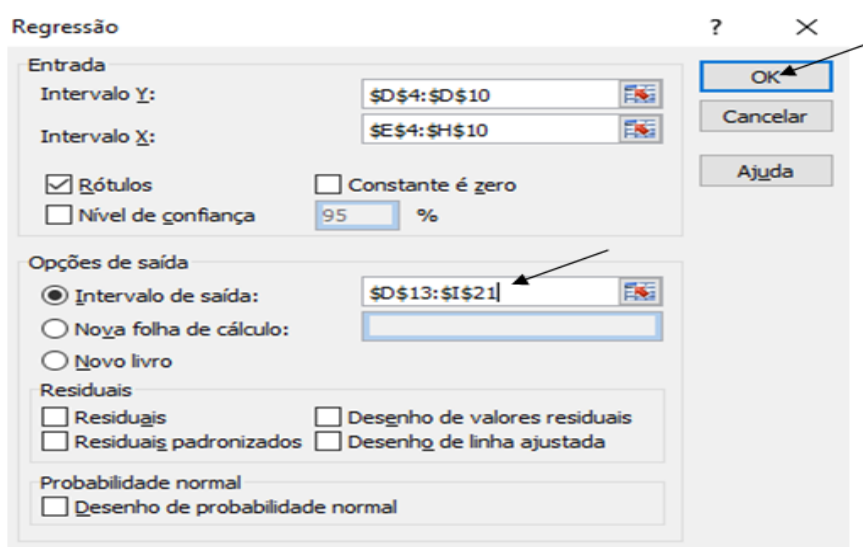


Figura 418 – Análise de regressão linear múltipla com uso de EXCEL, parte III de VII  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

Ao fazê-lo e para o presente exemplo didático se obteria o conjunto de valores que constam na figura 419.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| <i>Estatística de regressão</i> |             |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo                      | 0,999365281 |
| Quadrado de R                   | 0,998730964 |
| Quadrado de R ajustado          | 0,993654822 |
| Erro-padrão                     | 40,82482905 |
| Observações                     | 6           |

| ANOVA     |           |             |             |          |                           |
|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|---------------------------|
|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i>   | <i>MQ</i>   | <i>F</i> | <i>F de significância</i> |
| Regressão | 4         | 1311666,667 | 327916,6667 | 196,75   | 0,053412684               |
| Residual  | 1         | 1666,666667 | 1666,666667 |          |                           |
| Total     | 5         | 1313333,333 |             |          |                           |

|             | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|-------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar | -2033,333333         | 209,4967515        | -9,705798867  | 0,065361065    | -4695,241949        | 628,5752823         | -4695,241949          | 628,5752823           |
| m2          | 42,77777778          | 2,664350846        | 16,05560988   | 0,039599772    | 8,923990442         | 76,63156511         | 8,923990442           | 76,63156511           |
| BANHEIROS   | -77,77777778         | 65,73421981        | -1,183215957  | 0,44669962     | -913,0102327        | 757,4546772         | -913,0102327          | 757,4546772           |
| QUARTOS     | -744,4444444         | 97,4996043         | -7,635358623  | 0,082905967    | -1983,294378        | 494,4054893         | -1983,294378          | 494,4054893           |
| LOCALIZAÇÃO | 277,7777778          | 31,42696805        | 8,838834765   | 0,071720336    | -121,5397125        | 677,095268          | -121,5397125          | 677,095268            |

Figura 419 – Análise de regressão linear múltipla com uso de EXCEL, parte IV de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Os valores que se precisa analisar primeiro, para construção da regressão múltipla que se pretende para chegar ao modelo para determinação do valor de locação, são os valores daquela coluna de coeficientes na figura 419 acima.

Desse modo o coeficiente de “Interceptar” nessa coluna funciona como se fosse o equivalente à ordenada na origem num modelo de regressão linear com uma única variável previsora X, para se chegar ao valor da variável dependente Y dessa regressão linear simples (funciona como se fosse o “coeficiente A” (valor de Y quando o único X fosse igual a zero)).

Já os valores da coluna de coeficientes para as variáveis “m<sup>2</sup>” (que funciona no modelo como variável previsora X1), “Banheiros” (que funciona no modelo como variável previsora independente X2), “Quartos” (que funciona no modelo como variável previsora independente X3) e “Localização” (que funciona no modelo como variável previsora independente X4), funcionam como “coeficientes de declive b”, para cada uma dessas variáveis independentes previsoras, de modo equivalente ao coeficiente da única variável X

que existia no modelo de regressão linear simples que era a equação da respectiva reta (coeficiente b).

Então de posse desses coeficientes, já se consegue montar a equação de previsão do modelo matemático para determinar o valor de locação, acrescentando uma linha nos dados da nossa figura 415. Suponhamos que tenhamos os aspecto geral da nossa planilha conforme consta na figura 420.

|    | D                               | E                    | F                  | G             | H              | I                         | J                   | K                     | L                     |
|----|---------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | Y                               | X1                   | X2                 | X3            | X4             |                           |                     |                       |                       |
| 2  | VALOR DE LOCAÇÃO                | m2                   | BANHEIROS          | QUARTOS       | LOCALIZAÇÃO    |                           |                     |                       |                       |
| 3  | 700                             | 50                   | 2                  | 2             | 8              |                           |                     |                       |                       |
| 4  | 800                             | 60                   | 2                  | 2             | 7              |                           |                     |                       |                       |
| 5  | 1500                            | 80                   | 2                  | 3             | 9              |                           |                     |                       |                       |
| 6  | 2000                            | 100                  | 3                  | 3             | 8              |                           |                     |                       |                       |
| 7  | 800                             | 40                   | 1                  | 1             | 7              |                           |                     |                       |                       |
| 8  | 1000                            | 70                   | 2                  | 2             | 6              |                           |                     |                       |                       |
| 9  |                                 |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 10 |                                 |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 11 | SUMÁRIO DOS RESULTADOS          |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 12 |                                 |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 13 | <i>Estatística de regressão</i> |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 14 | R múltiplo                      | 0,999365281          |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 15 | Quadrado de R                   | 0,998730964          |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 16 | Quadrado de R ajustado          | 0,993654822          |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 17 | Erro-padrão                     | 40,82482905          |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 18 | Observações                     | 6                    |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 19 |                                 |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 20 | ANOVA                           |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 21 |                                 | <i>gl</i>            | <i>SQ</i>          | <i>MQ</i>     | <i>F</i>       | <i>F de significância</i> |                     |                       |                       |
| 22 | Regressão                       | 4                    | 1311666,667        | 327916,6667   | 196,75         | 0,053412684               |                     |                       |                       |
| 23 | Residual                        | 1                    | 1666,666667        | 1666,666667   |                |                           |                     |                       |                       |
| 24 | Total                           | 5                    | 1313333,333        |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 25 |                                 |                      |                    |               |                |                           |                     |                       |                       |
| 26 |                                 | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i>       | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
| 27 | Interceptar                     | -2033,333333         | 209,4967515        | -9,705798867  | 0,065361065    | -4695,241949              | 628,5752823         | -4695,241949          | 628,5752823           |
| 28 | m2                              | 42,77777778          | 2,664350846        | 16,05560988   | 0,039599772    | 8,923990442               | 76,63156511         | 8,923990442           | 76,63156511           |
| 29 | BANHEIROS                       | -77,77777778         | 65,73421981        | -1,183215957  | 0,44669962     | -913,0102327              | 757,4546772         | -913,0102327          | 757,4546772           |
| 30 | QUARTOS                         | -744,4444444         | 97,4996043         | -7,635358623  | 0,082905967    | -1983,294378              | 494,4054893         | -1983,294378          | 494,4054893           |
| 31 | LOCALIZAÇÃO                     | 277,7777778          | 31,42696805        | 8,838834765   | 0,071720336    | -121,5397125              | 677,095268          | -121,5397125          | 677,095268            |

Figura 420 – Análise de regressão linear múltipla com uso de EXCEL, parte V de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Então, a nossa equação do modelo de previsão do custo de locação teria que ser introduzida no endereço “D9”, para onde aquela pequena seta da figura está apontando. E



como ficaria a fórmula a digitar nesse endereço, em termos de excel aqui no caso? Ficaria: “=E27”(coeficiente de “interceptor”) + “E28” (coeficiente da variável previsora x1=m2) \* “E9” (endereço onde se colocará o valor pretendido para essa variável independente x1=m2) + “E29” (coeficiente da variável previsora X2=Banheiros) \* “F9” (endereço onde se colocará o valor pretendido para essa variável independente x2=Banheiros) + “E30” (coeficiente da variável independente previsora X3=Quartos) \* “G9” (endereço onde se colocará o valor pretendido para essa variável independente X3=Quartos) + “E31” (coeficiente da variável independente previsora X4=Localização) \* “H9” (endereço onde se colocará o valor pretendido para essa variável independente X4=Localização). Conforme a figura 421.

|    | D                                | E             | F           | G            | H           | I                  | J            | K              | L              |
|----|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------------|--------------|----------------|----------------|
| 1  | Y                                | X1            | X2          | X3           | X4          |                    |              |                |                |
| 2  | VALOR DE LOCAÇÃO                 | m2            | BANHEIROS   | QUARTOS      | LOCALIZAÇÃO |                    |              |                |                |
| 3  | 700                              | 50            | 2           | 2            |             |                    |              |                |                |
| 4  | 800                              | 60            | 2           | 2            |             |                    |              |                |                |
| 5  | 1500                             | 80            | 2           | 3            |             |                    |              |                |                |
| 6  | 2000                             | 100           | 3           | 3            |             |                    |              |                |                |
| 7  | 800                              | 40            | 1           | 1            |             |                    |              |                |                |
| 8  |                                  |               | 2           | 2            |             |                    |              |                |                |
| 9  | =E27+E28*E9+E29*F9+E30*G9+E31*H9 |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 10 |                                  |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 11 | SUMÁRIO DOS RESULTADOS           |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 12 |                                  |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 13 | <i>Estatística de regressão</i>  |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 14 | R múltiplo                       | 0,999365281   |             |              |             |                    |              |                |                |
| 15 | Quadrado de R                    | 0,998730964   |             |              |             |                    |              |                |                |
| 16 | Quadrado de R ajustado           | 0,993654822   |             |              |             |                    |              |                |                |
| 17 | Erro-padrão                      | 40,82482905   |             |              |             |                    |              |                |                |
| 18 | Observações                      | 6             |             |              |             |                    |              |                |                |
| 19 |                                  |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 20 | ANOVA                            |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 21 |                                  | gl            | SQ          | MQ           | F           | F de significância |              |                |                |
| 22 | Regressão                        | 4             | 1311666,667 | 327916,6667  | 196,75      | 0,053412684        |              |                |                |
| 23 | Residual                         | 1             | 1666,666667 | 1666,666667  |             |                    |              |                |                |
| 24 | Total                            | 5             | 1313333,333 |              |             |                    |              |                |                |
| 25 |                                  |               |             |              |             |                    |              |                |                |
| 26 |                                  | Coefficientes | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior       | 95% superior | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
| 27 | Interceptar                      | -2033,333333  | 209,4967515 | -9,705798867 | 0,065361065 | -4695,241949       | 628,5752823  | -4695,241949   | 628,5752823    |
| 28 | m2                               | 42,77777778   | 2,664350846 | 16,05560988  | 0,039599772 | 8,923990442        | 76,63156511  | 8,923990442    | 76,63156511    |
| 29 | BANHEIROS                        | -77,77777778  | 65,73421981 | -1,183215957 | 0,44669962  | -913,0102327       | 757,4546772  | -913,0102327   | 757,4546772    |
| 30 | QUARTOS                          | -744,4444444  | 97,4996043  | -7,635358623 | 0,082905967 | -1983,294378       | 494,4054893  | -1983,294378   | 494,4054893    |
| 31 | LOCALIZAÇÃO                      | 277,7777778   | 31,42696805 | 8,838834765  | 0,071720336 | -121,5397125       | 677,095268   | -121,5397125   | 677,095268     |

Figura 421 – Análise de regressão linear múltipla com uso de EXCEL, parte VI de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

Só que se fizermos isso e dermos “Enter” resulta um valor aparentemente absurdo para o valor de locação do imóvel, de -7145,99 reais. Isso acontece porque ainda não fomos preenchendo as células da planilha com os valores pretendidos para os m2 do imóvel, seu nº de banheiros, nº de quartos, e parâmetro (valor) correspondente à localização do imóvel.



Assim, de escolhêssemos suponhamos 100m<sup>2</sup> para área do imóvel a locar, com 2 banheiros, 2 quartos, e situado na pior zona da cidade (Localização =1), ter-se-ia um valor de locação de 877,78 reais, conforme a figura 422.

|   | D                | E   | F         | G       | H           |
|---|------------------|-----|-----------|---------|-------------|
| 1 | Y                | X1  | X2        | X3      | X4          |
| 2 | VALOR DE LOCAÇÃO | m2  | BANHEIROS | QUARTOS | LOCALIZAÇÃO |
| 3 | 700              | 50  | 2         | 2       | 8           |
| 4 | 800              | 60  | 2         | 2       | 7           |
| 5 | 1500             | 80  | 2         | 3       | 9           |
| 6 | 2000             | 100 | 3         | 3       | 8           |
| 7 | 800              | 40  | 1         | 1       | 7           |
| 8 | 1000             | 70  | 2         | 2       | 6           |
| 9 | 877,78           | 100 | 2         | 2       | 1           |

Figura 422 – Análise de regressão linear múltipla com uso de EXCEL, parte VII de VII (Fonte: o pesquisador, 2019)

E o nosso modelo matemático de análise de regressão linear múltipla usando o Excel estaria pronto. A partir dele poderia se prever o vaor de locação ( Y ), quaisquer que sejam as condições (valores) das variáveis X1 (m2), x2 (Banheiros), X3 (Quartos) e X4 (Localização). Assim, se pelo modelo se experimentasse prever/calcular qualseria o valor de locação para um apartamento com as seguintes característica: 120m2 de área (X1), 3 banheiros (X2), 3 quartos (X3), Coeficiente de Localização = 9 (X4, se teria o resultado de 3133,3 reais (Y), de acordo com a figura 423.

|   | D                | E   | F         | G       | H           |
|---|------------------|-----|-----------|---------|-------------|
| 1 | Y                | X1  | X2        | X3      | X4          |
| 2 | VALOR DE LOCAÇÃO | m2  | BANHEIROS | QUARTOS | LOCALIZAÇÃO |
| 3 | 700              | 50  | 2         | 2       | 8           |
| 4 | 800              | 60  | 2         | 2       | 7           |
| 5 | 1500             | 80  | 2         | 3       | 9           |
| 6 | 2000             | 100 | 3         | 3       | 8           |
| 7 | 800              | 40  | 1         | 1       | 7           |
| 8 | 1000             | 70  | 2         | 2       | 6           |
| 9 | 3133,33          | 120 | 3         | 3       | 9           |

Figura 423 – Valor de locação previsto pelo modelo para apartamento de 120m2, com 3 banheiros, 3 quartos, e coeficiente de localização 9 (Fonte: o pesquisador, 2019)

Eventualmente o modelo poderia prever resultados não admissíveis (valores negativos de aluguel), mas apenas para condições extremas e sobretudo porque o n<sup>o</sup> de sujeitos de cada uma das variáveis foi mesmo extremamente pequeno (amostra de 6 sujeitos/elementos, apenas). Supondo um apartamento de 20m2, com apenas 1 banheiro, 1 quarto e localizado na pior zona da cidade (Localização = 1) isso aconteceria (valor de locação negativo de -1722,22 reais). Mas mesmo mantendo os outros valores de variáveis independentes iguais (1 banheiro, 1 quarto, coeficiente de localização = 1), seria suficiente aumentar a área para 120m2 para que o valor previsto para locação subisse para 2555,56 reais. Donde se pode verificar a importância da variável X1 (área do apartamento =m2) na previsão do modelo.

**Observações importantes:** 1 - Qualquer regressão (tanto a simples quanto a múltipla) tem vários pré-requisitos que devem ser observados. Assim tem-se que: 2 – É importante que a relação entre cada uma das variáveis independentes e a variável dependente seja linear. Isso pode ser testado/observado construindo gráficos de dispersão entre cada uma das variáveis independentes e a variável dependente; 3 – A regressão linear múltipla exige a ausência de multicolinearidade. O que significa isso? Significa que não se pode ter uma alta correlação entre duas quaisquer variáveis independentes. O que é que se considera uma alta correlação? Uma correlação acima de 0,8, ou, se a exigência for mais rígida, acima de 0,7. Mas existe um outro teste estatístico específico para avaliar a multicolinearidade entre variáveis independentes.

**Significado de alguns dos parâmetros estatísticos da figura 421:**

**R-múltiplo = Valor de correlação entre o conjunto de todas as variáveis independentes do modelo (X1, X2, X3, X4) e a variável dependente ( Y= valor de locação);** e daí, como visto anteriormente, pode-se ter correlação perfeita, correlação forte, correlação moderada, correlação fraca e correlação ínfima, todas elas positivas ou negativas, em função da faixa de valores em que se situa esse valor de R-múltiplo.

**R-Quadrado: o seu valor indica a % do valor da variável dependente Y (valor de locação) que é explicada pelo conjunto pelo conjunto de todas as variáveis independentes (X1, X2, X3 e X4).**

**R-Quadrado ajustado =** o seu valor é importante na hora de fazer comparações entre vários modelos matemáticos possíveis para a regressão.

Precisamos no mínimo de 20 sujeitos de cada uma das variáveis independentes para poder fazer uma regressão linear, seja ela simples ou múltipla; - e bastaria apenas para calcular . Na caixa de diálogo “Regressão”, da figura 417, em “opções de saída”, pode-se verificar que existem três opções; a 1ª, onde está “Intervalo de Dados”, permite-nos selecionar uma “faixa de células” na planilha onde temos os dados do exemplo didático, que esteja vazia, para colocarmos os resultados da análise de regressão múltipla. Ou pode-se escolher a segunda opção “Nova folha de cálculo”, ou ainda a terceira, “Novo livro.

### 3.7.10 DISTRIBUIÇÃO T- STUDENT

É bem parecida com a distribuição normal-padrão.

**A distribuição T-Student tem as seguintes características:**

1 – A distribuição T-Student (ou abreviadamente distribuição t) também tem a forma de sino e também é simétrica em relação à média;

2 – Ao contrário da distribuição normal, **a distribuição T-student é uma família de curvas, cada uma determinada por um valor diferente de um parâmetro chamado grau de liberdade.** Os graus de liberdade são o número de escolhas deixadas livres depois que uma amostra estatística tal como X é determinada. Quando usamos a distribuição t (= t-student) para estimar a média da população, os graus de liberdade são iguais ao tamanho da amostra menos um: g.l. = n – 1.

3 – Tal como na distribuição normal, a área total sob a curva t-student é igual a 1 ou igual a 100%. **Os conceitos de área e probabilidade vão andar sempre atrelados. Toda a vez que se falar em área pode-se associá-la com probabilidade, e toda a vez que se falar em probabilidade pode-se associá-la com área.**

4 – Assim como na distribuição normal, na t-student a média, moda e mediana são iguais a zero.

5 – Conforme os valores dos graus de liberdade aumentam, a distribuição t-student se aproxima da distribuição normal. Para mais de 30 graus de liberdade, a distribuição t-student está tão próxima da distribuição normal que se pode trabalhar diretamente com a tabela da distribuição normal-padrão (figura 424).

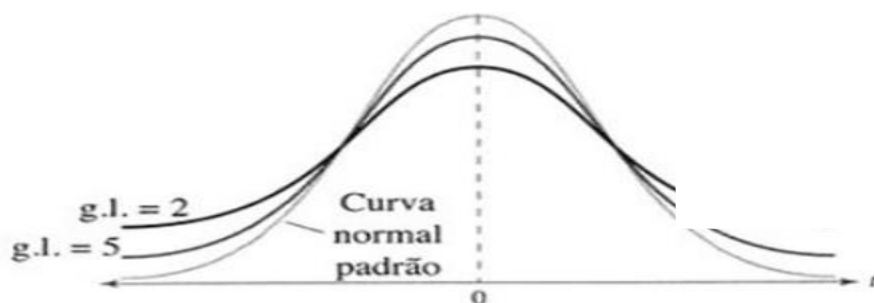


Figura 424 – Aproximação da distribuição t-student à distribuição normal-padrão, conforme o número de graus de liberdade vai aumentando (Fonte: o pesquisador, 2019)

**Nota:** as caudas na distribuição t-student são “mais grossas” do que aquelas na distribuição normal-padrão.

Imagine-se agora que o gráfico da figura 425 é o correspondente à distribuição t-student.

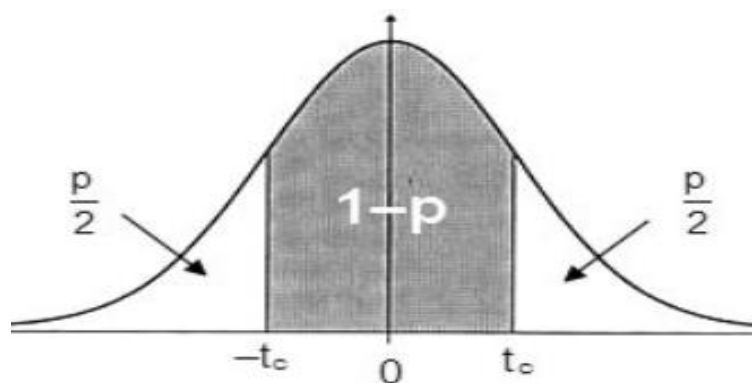


Figura 425 – Situação de partida para interpretação e consulta da tabela t-student  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

**Entender como consultar a tabela T-Student:** essa tabela vai ter na sua parte superior uma linha de valores de P. O que são esses valores de P? são valores que correspondem à soma das probabilidades das duas caudas da figura 425, cada uma delas correspondendo a uma probabilidade de P/2.

Suponha-se que cada um daqueles valores P/2 vale 5%; os dois juntos (= P<sub>valor</sub>) valem P=10%. Então é esse valor de 10% que se deverá consultar na referida primeira linha da tabela de distribuição de Student, sempre associando isso com o correspondente valor dos graus de liberdade da distribuição que estiver em pauta. A tabela com os valores da distribuição de Student é a que se apresenta na figura 426.

| DISTRIBUIÇÃO t-Student: valores $t_c$ tais que $P(-t_c \leq t \leq t_c) = 1-P$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |         |         |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| P  | 99%   |       | 95%   |       | 90%   |       | 85%   |       | 80%   |       | 75%    |        | 70%    |        | 65%    |         |         |
|  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 12     | 15     | 20     | 25     | 30     | 40      |         |
| 1  | 0.158 | 0.325 | 0.510 | 0.727 | 1.000 | 1.376 | 1.963 | 3.078 | 6.314 | 7.316 | 10.579 | 12.708 | 15.835 | 31.821 | 63.657 | 318.309 | 636.619 |
| 2  | 0.142 | 0.283 | 0.445 | 0.617 | 0.816 | 1.061 | 1.386 | 1.886 | 2.920 | 3.320 | 3.836  | 4.303  | 4.849  | 6.965  | 9.925  | 22.327  | 31.593  |
| 3  | 0.137 | 0.277 | 0.424 | 0.584 | 0.765 | 0.978 | 1.250 | 1.638 | 2.353 | 2.605 | 2.951  | 3.182  | 3.482  | 4.541  | 5.841  | 10.215  | 12.924  |
| 4  | 0.134 | 0.271 | 0.414 | 0.563 | 0.741 | 0.941 | 1.190 | 1.533 | 2.132 | 2.333 | 2.601  | 2.776  | 2.999  | 3.747  | 4.604  | 7.173   | 8.610   |
| 5  | 0.132 | 0.267 | 0.408 | 0.553 | 0.727 | 0.920 | 1.156 | 1.476 | 2.015 | 2.191 | 2.422  | 2.571  | 2.757  | 3.355  | 4.032  | 5.893   | 6.863   |
| 6  | 0.131 | 0.265 | 0.404 | 0.553 | 0.718 | 0.906 | 1.134 | 1.440 | 1.943 | 2.104 | 2.313  | 2.447  | 2.612  | 3.143  | 3.707  | 5.208   | 5.953   |
| 7  | 0.130 | 0.263 | 0.402 | 0.549 | 0.711 | 0.896 | 1.119 | 1.415 | 1.895 | 2.046 | 2.241  | 2.365  | 2.517  | 2.998  | 3.499  | 4.785   | 5.408   |
| 8  | 0.130 | 0.262 | 0.399 | 0.546 | 0.706 | 0.889 | 1.108 | 1.397 | 1.860 | 2.004 | 2.189  | 2.306  | 2.449  | 2.896  | 3.355  | 4.501   | 5.041   |
| 9  | 0.129 | 0.261 | 0.398 | 0.543 | 0.703 | 0.883 | 1.100 | 1.383 | 1.833 | 1.973 | 2.150  | 2.262  | 2.398  | 2.821  | 3.250  | 4.297   | 4.781   |
| 10   | 0.129 | 0.260 | 0.397 | 0.542 | 0.700 | 0.879 | 1.093 | 1.372 | 1.812 | 1.948 | 2.120  | 2.228  | 2.359  | 2.764  | 3.169  | 4.144   | 4.587   |
| 11   | 0.129 | 0.260 | 0.396 | 0.540 | 0.697 | 0.876 | 1.088 | 1.363 | 1.796 | 1.928 | 2.096  | 2.201  | 2.328  | 2.718  | 3.106  | 4.025   | 4.437   |
| 12   | 0.128 | 0.259 | 0.395 | 0.539 | 0.695 | 0.873 | 1.083 | 1.356 | 1.782 | 1.912 | 2.076  | 2.179  | 2.303  | 2.681  | 3.055  | 3.930   | 4.318   |
| 13   | 0.128 | 0.259 | 0.394 | 0.538 | 0.694 | 0.870 | 1.079 | 1.350 | 1.771 | 1.893 | 2.060  | 2.160  | 2.282  | 2.650  | 3.012  | 3.852   | 4.221   |
| 14   | 0.128 | 0.258 | 0.393 | 0.537 | 0.692 | 0.868 | 1.076 | 1.345 | 1.761 | 1.887 | 2.046  | 2.145  | 2.264  | 2.624  | 2.977  | 3.787   | 4.140   |
| 15   | 0.128 | 0.258 | 0.393 | 0.536 | 0.691 | 0.866 | 1.074 | 1.341 | 1.753 | 1.878 | 2.034  | 2.131  | 2.249  | 2.602  | 2.947  | 3.733   | 4.073   |
| 16   | 0.128 | 0.258 | 0.392 | 0.535 | 0.690 | 0.865 | 1.071 | 1.337 | 1.746 | 1.869 | 2.024  | 2.120  | 2.235  | 2.583  | 2.921  | 3.686   | 4.015   |
| 17   | 0.128 | 0.257 | 0.392 | 0.534 | 0.689 | 0.863 | 1.069 | 1.333 | 1.740 | 1.862 | 2.015  | 2.110  | 2.224  | 2.567  | 2.898  | 3.646   | 3.965   |
| 18   | 0.127 | 0.257 | 0.392 | 0.534 | 0.688 | 0.862 | 1.067 | 1.330 | 1.734 | 1.855 | 2.007  | 2.101  | 2.214  | 2.552  | 2.878  | 3.610   | 3.922   |
| 19   | 0.127 | 0.257 | 0.391 | 0.533 | 0.688 | 0.861 | 1.066 | 1.328 | 1.729 | 1.850 | 2.000  | 2.093  | 2.205  | 2.533  | 2.861  | 3.579   | 3.883   |
| 20   | 0.127 | 0.257 | 0.391 | 0.533 | 0.687 | 0.860 | 1.064 | 1.325 | 1.725 | 1.844 | 1.994  | 2.086  | 2.197  | 2.528  | 2.845  | 3.552   | 3.850   |
| 21   | 0.127 | 0.257 | 0.391 | 0.532 | 0.686 | 0.859 | 1.063 | 1.323 | 1.721 | 1.840 | 1.988  | 2.080  | 2.189  | 2.518  | 2.831  | 3.527   | 3.819   |
| 22   | 0.127 | 0.256 | 0.390 | 0.532 | 0.686 | 0.858 | 1.061 | 1.321 | 1.717 | 1.835 | 1.983  | 2.074  | 2.183  | 2.508  | 2.819  | 3.505   | 3.792   |
| 23   | 0.127 | 0.256 | 0.390 | 0.532 | 0.685 | 0.858 | 1.060 | 1.319 | 1.714 | 1.832 | 1.978  | 2.069  | 2.177  | 2.500  | 2.807  | 3.485   | 3.768   |
| 24   | 0.127 | 0.256 | 0.390 | 0.531 | 0.685 | 0.857 | 1.059 | 1.318 | 1.711 | 1.828 | 1.974  | 2.064  | 2.172  | 2.492  | 2.797  | 3.467   | 3.745   |
| 25   | 0.127 | 0.256 | 0.390 | 0.531 | 0.684 | 0.856 | 1.058 | 1.316 | 1.708 | 1.825 | 1.970  | 2.060  | 2.167  | 2.485  | 2.787  | 3.450   | 3.725   |
| 26   | 0.127 | 0.256 | 0.390 | 0.531 | 0.684 | 0.856 | 1.058 | 1.315 | 1.706 | 1.822 | 1.967  | 2.056  | 2.162  | 2.479  | 2.779  | 3.435   | 3.707   |
| 27   | 0.127 | 0.256 | 0.389 | 0.531 | 0.684 | 0.855 | 1.057 | 1.314 | 1.703 | 1.819 | 1.963  | 2.052  | 2.158  | 2.473  | 2.771  | 3.421   | 3.690   |
| 28   | 0.127 | 0.256 | 0.389 | 0.530 | 0.683 | 0.855 | 1.056 | 1.313 | 1.701 | 1.817 | 1.960  | 2.048  | 2.154  | 2.467  | 2.763  | 3.408   | 3.674   |
| 29   | 0.127 | 0.256 | 0.389 | 0.530 | 0.683 | 0.854 | 1.055 | 1.311 | 1.699 | 1.814 | 1.957  | 2.045  | 2.150  | 2.462  | 2.756  | 3.396   | 3.659   |
| 30   | 0.127 | 0.256 | 0.389 | 0.530 | 0.683 | 0.854 | 1.055 | 1.310 | 1.697 | 1.812 | 1.955  | 2.042  | 2.147  | 2.457  | 2.750  | 3.385   | 3.646   |
| 31   | 0.127 | 0.256 | 0.389 | 0.530 | 0.682 | 0.853 | 1.054 | 1.309 | 1.696 | 1.810 | 1.952  | 2.040  | 2.144  | 2.453  | 2.744  | 3.375   | 3.633   |
| 32   | 0.127 | 0.255 | 0.389 | 0.530 | 0.682 | 0.853 | 1.054 | 1.309 | 1.694 | 1.808 | 1.950  | 2.037  | 2.141  | 2.449  | 2.738  | 3.365   | 3.622   |
| 33   | 0.127 | 0.255 | 0.389 | 0.530 | 0.682 | 0.853 | 1.053 | 1.308 | 1.692 | 1.806 | 1.948  | 2.035  | 2.138  | 2.445  | 2.733  | 3.356   | 3.611   |
| 34   | 0.127 | 0.255 | 0.389 | 0.529 | 0.682 | 0.852 | 1.052 | 1.307 | 1.691 | 1.805 | 1.946  | 2.032  | 2.136  | 2.441  | 2.728  | 3.348   | 3.601   |
| 35   | 0.127 | 0.255 | 0.388 | 0.529 | 0.682 | 0.852 | 1.052 | 1.306 | 1.690 | 1.803 | 1.944  | 2.030  | 2.133  | 2.438  | 2.724  | 3.340   | 3.591   |
| 36   | 0.127 | 0.255 | 0.388 | 0.529 | 0.681 | 0.852 | 1.052 | 1.305 | 1.688 | 1.802 | 1.942  | 2.028  | 2.131  | 2.434  | 2.719  | 3.333   | 3.582   |
| 37   | 0.127 | 0.255 | 0.388 | 0.529 | 0.681 | 0.851 | 1.051 | 1.305 | 1.687 | 1.800 | 1.940  | 2.026  | 2.129  | 2.431  | 2.715  | 3.326   | 3.574   |
| 38   | 0.127 | 0.255 | 0.388 | 0.529 | 0.681 | 0.851 | 1.051 | 1.304 | 1.686 | 1.799 | 1.939  | 2.024  | 2.127  | 2.429  | 2.712  | 3.319   | 3.566   |
| 39   | 0.126 | 0.255 | 0.388 | 0.529 | 0.681 | 0.851 | 1.050 | 1.304 | 1.685 | 1.798 | 1.937  | 2.023  | 2.125  | 2.426  | 2.708  | 3.313   | 3.558   |
| 40   | 0.126 | 0.255 | 0.388 | 0.529 | 0.681 | 0.851 | 1.050 | 1.303 | 1.684 | 1.796 | 1.936  | 2.021  | 2.123  | 2.423  | 2.704  | 3.307   | 3.551   |
| 45   | 0.126 | 0.255 | 0.388 | 0.528 | 0.680 | 0.850 | 1.049 | 1.301 | 1.679 | 1.791 | 1.929  | 2.014  | 2.115  | 2.412  | 2.690  | 3.281   | 3.520   |
| 50   | 0.126 | 0.255 | 0.388 | 0.528 | 0.679 | 0.849 | 1.047 | 1.299 | 1.676 | 1.787 | 1.924  | 2.009  | 2.109  | 2.403  | 2.678  | 3.261   | 3.496   |
| 55   | 0.126 | 0.255 | 0.387 | 0.527 | 0.679 | 0.849 | 1.046 | 1.297 | 1.673 | 1.784 | 1.920  | 2.004  | 2.104  | 2.396  | 2.668  | 3.245   | 3.476   |
| 60   | 0.126 | 0.254 | 0.387 | 0.527 | 0.679 | 0.848 | 1.045 | 1.296 | 1.671 | 1.781 | 1.917  | 2.000  | 2.099  | 2.390  | 2.660  | 3.232   | 3.460   |
| 70   | 0.126 | 0.254 | 0.387 | 0.527 | 0.678 | 0.847 | 1.044 | 1.294 | 1.667 | 1.776 | 1.912  | 1.994  | 2.093  | 2.381  | 2.648  | 3.211   | 3.439   |
| 80   | 0.126 | 0.254 | 0.387 | 0.526 | 0.678 | 0.846 | 1.043 | 1.292 | 1.664 | 1.773 | 1.908  | 1.990  | 2.088  | 2.374  | 2.639  | 3.195   | 3.416   |
| 90   | 0.126 | 0.254 | 0.387 | 0.526 | 0.677 | 0.846 | 1.042 | 1.291 | 1.662 | 1.771 | 1.905  | 1.987  | 2.084  | 2.368  | 2.632  | 3.183   | 3.402   |
| 100  | 0.126 | 0.254 | 0.386 | 0.526 | 0.677 | 0.845 | 1.042 | 1.290 | 1.660 | 1.769 | 1.902  | 1.984  | 2.081  | 2.364  | 2.626  | 3.174   | 3.390   |
| 110  | 0.126 | 0.254 | 0.386 | 0.526 | 0.677 | 0.845 | 1.041 | 1.289 | 1.659 | 1.767 | 1.900  | 1.982  | 2.078  | 2.361  | 2.621  | 3.166   | 3.381   |
| 120  | 0.126 | 0.254 | 0.386 | 0.526 | 0.677 | 0.845 | 1.041 | 1.289 | 1.658 | 1.766 | 1.899  | 1.980  | 2.076  | 2.358  | 2.617  | 3.160   | 3.373   |
| ∞  | 0.126 | 0.253 | 0.385 | 0.524 | 0.674 | 0.842 | 1.038 | 1.282 | 1.645 | 1.751 | 1.881  | 1.960  | 2.054  | 2.328  | 2.578  | 3.090   | 3.291   |

Figura 426 – Tabela de distribuição t-student (Fonte: o pesquisador, 2019)

Veja-se que, e em relação aos graus de liberdade, a tabela de valores está indo de 1 grau de liberdade em 1 grau de liberdade (g.l.); Entre 40 e 60 ela passa a apresentar os valores da distribuição de Student pulando de 5 em 5 graus de liberdade. E de 60 até 120 o nº de graus de liberdade passa a pular de 10 em 10 graus de liberdade; os valores da última linha da tabela (graus de li berdade iguais a infinito) correspondem já a valores da distribuição normal.

Repare-se que, anteriormente se havia afirmado que a partir de um nº de graus de liberdade = 30 (g.l = 30) se podia passar a trabalhar com os valores da distribuição normal. E de fato, se nós olharmos para os valores da tabela da distribuição de Student da figura 608 correspondentes à linha para a qual - A os graus de liberdade são 30, e os compararmos com os correspondentes valores da última linha da tabela, que que o nº de

graus de liberdade é infinito e portanto os valores da correspondente liha já são os de uma distribuição normal, veremos que já não há uma grande diferença entre eles (sobretudo os da parte esquerda da tabela; conforme vamos caminhando para a parte direita, essa diferença vai aumentando um pouco, mas isso é algo que acontece em qualquer linha da tabela).

- **Aprendendo a consultar a tabela de valores da distribuição t-student** da figura 426: imagine-se que se pretende construir um **intervalo de confiança (faixa central da distribuição) de 95%**. Então a situação que nós queremos é a que está esquematizada mais abaixo na figura 427. Por hipótese está-se, suponha-se, a trabalhar com uma amostra de 18 elementos ( $n=18$ ) Quantos graus de liberdade (g.l.) se terá então? Ora, já se viu que  $g.l. = n - 1$ , donde, para este caso  $g.l.=18 - 1 = 17$ . **E qual o valor de P? Lembrar que P é o valor de probabilidade igual à soma das duas caudas da curva de Student.** No caso,  $p = (2,5\% + 2,5\%) = 5\%$ . E aí, qual é que é o valor de t crítico ( $t_c$ ) que a tabela fornece? Entrando na tabela simultâneamente com [ $P=5\%$  e  $g.l. = 17$ ] no ponto de cruzamento de linha com coluna da mesma, para esses valores, teria-se que  $t_c = 2,110$ . E a partir daí seria esse valor de  $t_c = 2,110$  que seria usado na fórmula que existe para determinar o intervalo de confiança.

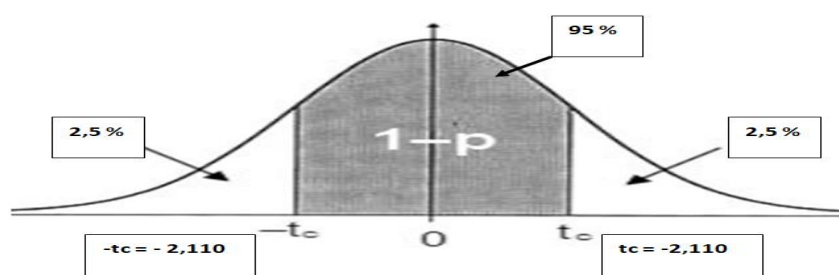


Figura 427 – Valor de  $t_c$  fornecido pela tabela de Student, para um  $n^\circ$  de graus de liberdade de 17 e um valor de P de 95% (Fonte: o pesquisador, 2019)

### 3.7.10.1 TESTE DE STUDENT para amostras independentes

Começar por referir que existe teste de Student para amostras independentes e teste de Student (ou simplesmente Teste t) para amostras dependentes. Aqui nos interessa o teste de Student para amostras independentes.

- **Em que casos se aplica o teste de Student? Para fazer a comparação entre as médias de dois grupos.** Então se a idéia é comparar médias entre grupos, suponhamos médias entre jovens e idosos, ou médias entre homens e mulheres, nós precisamos que aquilo que estejamos medindo, aquilo que estamos querendo comparar seja um dado

intervalar. E a amostragem tem que ser aleatória. A seguir enunciam-se os passos do teste de Student, com recurso a exemplo prático para melhor compreensão.

**Exemplo Prático** – Suponha-se que se querem comparar as notas de duas turmas de alunos. E as notas das duas turmas foram as que constam na figura 428.

| TURMA A | TURMA B |
|---------|---------|
| 6,5     | 6,0     |
| 7,0     | 7,0     |
| 5,0     | 7,5     |
| 4,5     | 3,0     |
| 8,5     | 5,0     |
| 7,0     | 4,0     |
| 6,5     | 4,0     |

Figura 428 – Valor de notas obtidas por alunos de duas turmas, para aplicação do teste de Student (Fonte: o pesquisador, 2019)

1º Passo do teste de Student: Determinar a média dos valores das amostras

Poder-se-ia recorrer à função MÉDIA do Excel e chegar-se-ia aos valores que constam na figura 429.

|              | TURMA A | TURMA B |
|--------------|---------|---------|
|              | 6,5     | 6,0     |
|              | 7,0     | 7,0     |
|              | 5,0     | 7,5     |
|              | 4,5     | 3,0     |
|              | 8,5     | 5,0     |
|              | 7,0     | 4,0     |
|              | 6,5     | 4,0     |
| <b>MÉDIA</b> | 6,43    | 5,21    |

Figura 429 – Médias dos valores das duas amostras, para efeito de desenvolvimento/aplicação do Teste de Student (Fonte: o pesquisador, 2019)

Dos resultados/valores das médias das notas obtidas por uma turma e outra já dá para concluir que a turma A foi melhor que a turma B (média de A maior que a média de B).

Mas é importante perguntar o seguinte: a diferença de notas entre as duas turmas é significativa?

Nesta situação-exemplo prático (real) importa saber se foi ou não, porque, se essa diferença tiver sido significativa, em novas atividades que venham a ser realizadas com as duas turmas, provavelmente o Professor deverá mudar a estratégia que foi seguida até aí, aplicando modelos de ensino-aprendizagem diferentes conforme as turmas; se não for, poderá continuar a seguir a mesma estratégia de ensino seguida até então, aplicando o mesmo modelo/estratégia em ambas as turmas.

Para isso é que temos que fazer o teste de Student (teste t), para determinar se a diferença entre as médias das duas turmas é significativa ou não.

Só que para aplicarmos o teste de Student necessitamos determinar uma outra medida/valor para as amostras, que é o desvio-padrão (no caso vamos determinar o

quadrado do seu valor, que é a variância). E porquê? Para ir um pouco mais além do que a informação que simplesmente a informação sobre as médias nos dá; é que a média é uma medida de tendência central, e o desvio-padrão é uma medida de dispersão. E que **não é a mesma coisa termos dois conjuntos, correspondentes a duas amostras diferentes, ambas com a mesma média, mas em que num deles a distribuição dos dados seja muito concentrada em torno da média, e no outro os respectivos valores da amostra em relação à média variem muito.**

Em resumo: a mesma diferença entre dois valores de média, obtida com um desvio-padrão baixo, é mais significativa do que essa diferença obtida com um alto valor para desvio-padrão para as amostras.

Aqui no nosso exemplo prático, e por questões de facilidade de cálculos, se trabalhará com a variância em vez de calcular o desvio padrão.

Passo 2 – Determinação da somatória dos quadrados dos elementos de cada amostra.

Fazendo isso se chegaria aos resultados que constam na figura 430.

|       | TURMA A (X1) | X1^2           | TURMA B (X2) | X2^2           |
|-------|--------------|----------------|--------------|----------------|
|       | 6,5          | 42,25          | 6,0          | 36,00          |
|       | 7,0          | 49,00          | 7,0          | 49,00          |
|       | 5,0          | 25,00          | 7,5          | 56,25          |
|       | 4,5          | 20,25          | 3,0          | 9,00           |
|       | 8,5          | 72,25          | 5,0          | 25,00          |
|       | 7,0          | 49,00          | 4,0          | 16,00          |
|       | 6,5          | 42,25          | 4,0          | 16,00          |
| MÉDIA | 6,43         | 300,00         | 5,21         | 207,25         |
|       |              | $\Sigma(x1^2)$ |              | $\Sigma(x2^2)$ |

Figura 430 – Passo 2 na aplicação do teste de Student a um exemplo prático (Fonte: o pesquisador, 2019)

Passo 3 – Determinação da variância de cada uma das amostras, através da fórmula:

**Variância =  $S^2 = [(\Sigma x^2) - X^2] / n$ ,** sendo : n o nº de elementos da amostra, e  $\bar{X}$  a média dos valores da amostra.

Aplicando a fórmula da variância a cada amostra se chegaria então aos valores que constam na figura 431.

|                 | TURMA A (X1) | X1^2           | TURMA B (X2) | X2^2           |
|-----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
|                 | 6,5          | 42,25          | 6,0          | 36,00          |
|                 | 7,0          | 49,00          | 7,0          | 49,00          |
|                 | 5,0          | 25,00          | 7,5          | 56,25          |
|                 | 4,5          | 20,25          | 3,0          | 9,00           |
|                 | 8,5          | 72,25          | 5,0          | 25,00          |
|                 | 7,0          | 49,00          | 4,0          | 16,00          |
|                 | 6,5          | 42,25          | 4,0          | 16,00          |
| MÉDIA           | 6,43         | 300,00         | 5,21         | 207,25         |
|                 |              | $\Sigma(x1^2)$ |              | $\Sigma(x2^2)$ |
| VARIÂNCIA = S^2 | 1,53         |                | 2,42         |                |

Figura 431 – Passo 3 na aplicação do teste de Student a um exemplo prático; cálculo das variâncias de cada amostra (Fonte: o pesquisador, 2019)



Passo 4 – Cálculo da variância combinada entre as amostras, através da fórmula:

Determinação da variância de cada uma das amostras, através da fórmula:

$S_{x_1 - x_2} = [ ( ( N_1 * S_1^{^2} + N_2 * S_2^{^2} ) / ( N_1 + N_2 - 2 ) ) * ( ( N_1 + N_2 ) / ( N_1 * N_2 ) ) ] ^{0,5}$ , sendo

$N_1$  o número de elementos da amostra 1,  $N_2$  o nº de elementos da amostra 2,  $S_1^{^2}$  a variância da amostra 1 e  $S_2^{^2}$  a variância da amostra 2. No caso do presente exemplo prático, acontece que o número de elementos de ambas as amostras é 7, o valor da variância da amostra 1 é de 1,53 e o valor da variância da amostra 2 é de 2,42; daí resulta que o valor da variância combinada entre as duas amostras seja igual a :  $[ ( ( 7 * 1,53 + 7 * 2,42 ) / ( 7 + 7 - 2 ) ) * ( ( 7 + 7 ) / ( 7 * 7 ) ) ] ^{0,5}$ , ou seja, a variância combinada das amostras dá um valor de 0,811

Passo 5 – Cálculo da  $t_{\text{observado}}$  (parâmetro de Student observado, ou seja, aquele que é calculado a partir dos dados do presente exemplo), através da fórmula:

$t_{\text{observado}} = ( x_1 - x_2 ) / ( S_{x_1 - x_2} )$ ; no caso do presente exemplo prático resulta que o  $t_{\text{observado}}$  seja igual a:  $( 6,43 - 5,21 ) / 0,811 = 1,504$ .

**Nota:** na fórmula acima, se a ordem das amostras viesse trocada, o valor de  $t_{\text{observado}}$  a que se chegaria seria o simétrico do obtido, ou seja,  $t_{\text{observado}} = -1,504$ .

Passo 6 – Determinação dos graus de liberdade para o teste de Student (Teste t), através da fórmula:

$g.l.t = N_1 + N_2 - 2$ , sendo  $N_1$  o nº de elementos da amostra 1 e  $N_2$  o nº de elementos da amostra 2; no presente exemplo prático, como ambas as amostras têm 7 elementos, fica:  $g.l.t = 12$ .

Passo 7 – Consulta/Determinação do  $t_{\text{crítico}}$  ( $t_c$ ) na tabela de Student: essa tabela é a que consta na figura 426.

Para determinar o valor de  $t_{\text{crítico}}$  ( $=t_c$ ) nessa tabela é necessário saber:

1 – O valor de significância (P); na maior parte dos casos procuramos uma significância de 5% ( $= 1 - P$ ), na tabela de student;

2 – O valor de  $g.l.t$  anteriormente determinado no passo 6 (e que no caso aqui do presente exemplo prático é igual a 12);

Então, no presente exemplo prático, se entraria na tabela da Distribuição de Student com **P=5% e  $g.l.t = 12$**  e se tiraria que  $t_{\text{crítico}} = 2,179$ .

Passo 8 – Determinar se as médias das duas amostras são estatisticamente diferentes (que é o mesmo que dizer que a sua diferença é estatisticamente significativa) ou não.

Esquemáticamente isso se faz de acordo com a figura 432 a seguir.

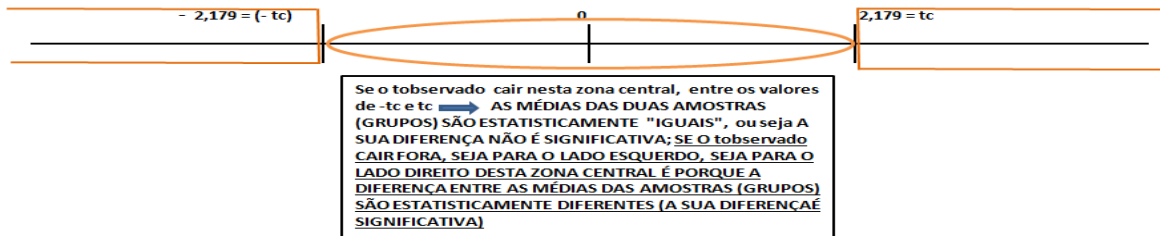


Figura 432 – Passo 8 na aplicação do teste de Student a um exemplo prático; determinar se as médias das amostras são estatisticamente iguais ou se sua diferença é estatisticamente significativa (Fonte: o pesquisador, 2019)

Sendo assim, e aqui para o exemplo prático presente, tem-se que  $t_{\text{observado}} = 1,51$ , donde, fica naquela zona central de "indiferença" da figura 432, o que significa que estatisticamente falando não há diferenças significativas entre as notas da turma A e as notas da turma B, ou seja, se de repente se tivessem escolhidos mais alguns alunos das turmas para participantes das duas amostras, a média tenderia a se igualar nos dois casos; se, pelo contrário, o  $t_{\text{observado}}$  do presente exemplo prático tivesse resultado em  $t_{\text{observado}} = 3$  ou em  $t_{\text{observado}} = -3$ , esses valores cairiam numadaquelas duas regiões extremas ( ou seja,  $t_{\text{observado}}$  seria  $> tc$  ou  $t_{\text{observado}}$  seria  $< -tc$ ) e concluir-se-ia que haveriam diferenças significativas entre as notas da turma A e as notas da turma B.

**Importante:** O teste de Student (teste t) é indicado para comparar duas amostras; para comparar 3 ou mais amostras, o indicado é a análise de variância ou ANOVA.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

De acordo com Gil, A.C. (2007), citado por Marques Neto, J.C. (2009), pesquisa pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas propostos. A pesquisa é requerida quando não existem informações suficientes para responder ao problema ou, ainda, quando os dados disponíveis não estejam estrategicamente organizados, de forma a poder relacioná-los ao problema.

Nesse sentido, a metodologia é etapa fundamental para a pesquisa científica, pois a escolha adequada dos métodos e técnicas a serem empregados é garantia da confiabilidade dos resultados obtidos.

Este capítulo apresenta os caminhos que se propõe adotar para a realização desta pesquisa, desde a classificação da mesma e seus métodos, até as formas de abordagem adotadas.

### **4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

#### **4.2.1 QUANTO À NATUREZA**

A pesquisa será eminentemente **aplicada** visto que incluirá vasto número de visitas a campo, observações ativas e não ativas em canteiro, coleta de dados, e para além disso tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema informatizado de apoio à decisão quanto ao gerenciamento de RCC em canteiros de obras de construção civil verticais, o qual possa ser usado no imediato pelas empresas.

#### **4.2.2 QUANTO À FORMA DE ABORDAGEM DO PROBLEMA**

Neste caso pode-se classificar a pesquisa tanto como qualitativa, dentro do que é comum nas pesquisas de gerenciamento, mas também quantitativa, visto que se pretendem estimar quantidades de geração de RCC, fazer medições efetivas dos seus quantitativos, e usar o método multicritério AHP, que é essencialmente matricial, como

ferramenta de suporte ao desenvolvimento do sistema informatizado de apoio à decisão quanto ao gerenciamento dos RCC em canteiros de obras de construção civil verticais.

#### **4.2.3 QUANTO AOS OBJETIVOS A SEREM ALCANÇADOS**

A pesquisa, neste quesito, apresenta características tanto de uma pesquisa exploratória, como de pesquisa descritiva. Exploratória, quer porque ela visa chegar a algo que ainda não existe, no caso um programa informático de apoio à decisão quanto aos processos de gerenciamento de RCC em canteiros de obras, e por outro lado pretende também fornecer ao pesquisador maior familiaridade com o problema de pesquisa. Descritiva como seria de esperar de uma pesquisa com características de pesquisa de campo, onde normalmente se faz a descrição das características de determinada população ou fenômeno, de determinados fluxos, no caso, do modo como as várias variáveis se inter-relacionam sobre o ponto de vista físico, logístico.

#### **4.2.4 QUANTO ÀS FONTES DE INFORMAÇÃO**

A pesquisa desde logo terá que começar por realizar uma extensa revisão e pesquisa bibliográficas, sobre diversos temas correlacionados ao gerenciamento de RCC, e uma pesquisa e análise documental que sirvam de suporte à análise do problema e que forneçam dados quantitativos e qualitativos sobre o mesmo, a qual deverá ser procurada junto a serviços de prefeituras, literatura técnica, e dados/documentos das empresas.

Para realizar a pesquisa bibliográfica consultar-se-ão bancos de teses e dissertações, artigos científicos, especializações, monografias, capítulos de livros, apostilas, e sítios/endereços eletrônicos.

Ademais deverão ser elaborados questionários, os quais serão enviados às empresas, e realizar-se-ão entrevistas não estruturadas com os Eng<sup>o</sup>s de obra e outros colaboradores e responsáveis.

Far-se-ão também um grande número de visitas de campo, nas quais será possível proceder à coleta de dados.

Propõe-se realizar dois estudos de caso, em canteiros de obras de construção civil verticais de construtoras.

#### **4.2.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

De início se far-se-à uma revisão bibliográfica e pesquisa documental que abranja domínios diferentes como reutilização de resíduos, reciclagem de resíduos, redução de resíduos, sistemas informáticos de apoio à decisão, infra-estruturas intermédias de transbordo e triagem de resíduos (PEV's e ATT's), aterros sanitários, legislação nacional, municipal e ambiental sobre gerenciamento de RCC, métodos de quantificação de RCC, bases de dados sobre quantitativos de resíduos da construção civil, e outros assuntos pertinentes.

Prevêm-se necessárias visitas a prefeituras municipais para recolha de alguns dados qualitativos e quantitativos que possam auxiliar na pesquisa (transportadores licenciados, catadores licenciados, empresas de reciclagem licenciadas, áreas de deposição regulares de resíduos, etc).

Deverão ser contactados gabinetes de projetos com boa implantação nas respectivas cidades de forma a conseguir chegar ao contacto com um conjunto de empresas construtoras a quem possam ser dirigidos questionários que ajudem a obter os dados necessários ao estabelecimento de um banco de dados necessários para a pesquisa, e ao mesmo tempo aferir da sua predisposição em participar ativamente.

Recolhidos os dados provenientes das respostas aos questionários enviados, será feita uma análise crítica aos dados quantitativos recebidos no sentido de descartar alguns dados quantitativos referentes a obras não representativas (prevê-se necessário o uso da estatística descritiva para esse efeito). Essa parte já ajuda a alimentar o banco de dados que mais tarde irá ser usado pela ferramenta informática proposta.

Serão também contactados os responsáveis de algumas das empresas cujos dados quantitativos forem considerados completos e homogêneos/representativos, no sentido de saber se têm interesse em que obras suas possam ser alvo de pesquisa de campo. Em caso de resposta positiva serão contactados os Eng<sup>os</sup> das respectivas obras para agendamento de visitas exploratórias.

Autorizadas as pesquisas de campo será elaborado um calendários de visitas às obras para observação não participativa. É previsível que esse tipo de observações se estenda por um período com bastante significado, para coleta de dados. Durante essas observações não participativas será registrado entre outros: a forma como os RCC são ou não segregados (quais os procedimentos, se logo após a geração, em cada pavimento, ou não) e/ou são amontoados de forma contaminada em obra, que tipos de dispositivos de coleta existem em cada pavimento (caso existam), se esses dispositivos são sinalizados por cores e texto, onde são colocados, como é feito o transporte desses resíduos até ao térreo,

quem é o responsável pela segregação e coleta e transporte horizontal dos resíduos em cada pavimento, se existe qualquer tipo de dispositivo de pesagem no pavimento, que possa ser reutilizado nos pavimentos seguintes, quais os dispositivos de coleta no térreo e onde estão colocados, e se estão devidamente identificados, quem são os responsáveis pelo transporte vertical dos resíduos até ao térreo, que equipamentos são utilizados para esse efeito, e responsáveis por transporte horizontal no térreo. Se os vários tipos de resíduos são marcados/identificados/codificados dentro de sacos de rafia ou outros, e se também é pesado todo o material que entra na obra. Será também registrado se existe legislação municipal sobre gerenciamento de RCC ou não, e ambiental, e quais as respectivas exigências; se existe cadastro de catadores (transportadores autônomos individuais) ou não, se existe cadastramento de transportadores formais (caçambeiros), se a empresa tem fichas de controle de transporte dos vários resíduos, se as pesagens dos resíduos são feitas apenas por classes ou pelos resíduos dos tipos de materiais mais usados em canteiro, se existe controle dos percentuais de cada classe de RCC gerados em obra, se existem planilhas de estimativas de custos dessas operações de segregação, coleta e acondicionamento interno dos RCC em obra, cadastro de empresas de reciclagem da região, cadastro de fornecedores de equipamentos de reciclagem de pequeno porte, etc. Todos esses elementos servem para alimentar a base de dados do programa informático que será desenvolvido. E para que este forneça uma primeira estimativa de previsão de quantitativos de resíduos previstos para o total da obra, e os custos de gerenciamento de RCC previstos na dita. E eventuais melhorias a nível de colocação de equipamentos de coleta, transporte e acondicionamento de resíduos em canteiro.

No final dessa coleta de dados será proposto aos Eng<sup>os</sup> de obra uma lista de melhorias nos procedimentos de gerenciamento de RCC em obra, e um programa de treinamento dos funcionários em obra. Cada vez que se registrar a entrada em obra de novos subempreiteiros, os respectivos funcionários deverão ser alvo dessas ações de treinamento também. Tudo isso poderá de novo ser alimentado no banco de dados, com alguns dados já recolhidos em obra.

A lista de melhorias proposta ao Eng<sup>o</sup> de obra poderá contemplar: melhorias no sistema de coleta, segregação, e pesagem, reutilização e reciclagem de parte dos resíduos gerados em obra, melhorias em fichas de controle de movimentação interna e transporte dos materiais para destinação intermediária ou final, organização dos dispositivos de coleta em canteiro, da localização da betoneira, melhoramentos de controle em almoxarifado, orçamento dos investimentos iniciais para o sistema de coleta, segregação, transporte e acondicionamento interno, e pesagem da obra, e outros.

Nesta fase permanece em aberto qual a linguagem de programação que será utilizada no desenvolvimento do software. Acredita-se que sairá dentre as linguagens em Visual Basic, Python, ou PHP, com base de dados em MySQL.

Durante toda a pesquisa em campo serão feitos registros fotográficos das situações.

O Eng<sup>o</sup> da obra aceitando o plano de melhorias parte-se para a sua implantação. Mas antes, novos procedimentos de treinamento serão necessários para todos os funcionários presentes em obra, de subempreiteiros incluídos. Cada vez que entra mais um subempreiteiro, os seus funcionários terão que passar pelo programa de treinamento.

Durante todo esse tempo o programa informático estará sendo desenvolvido, e chegado a esta fase, no mais tardar algumas semanas depois, deverá estar em condições de serem introduzidos os primeiros dados da obra com as melhorias propostas e que já estarão sendo implementadas. Os dados referentes a essas melhorias **implantados já nos primeiros pavimentos da obra** deverão então ser introduzidos no programa de computador. Será conveniente que a análise seja feita **por pavimento executado, e por etapas de obra concluídas** (funcionarão como instantes iniciais e instantes finais para o programa). Nesta altura será suposto que o programa informático nos permita novas estimativas totais de resíduos para o global da obra, nos custos desse gerenciamento, novas alternativas quanto à questão dos equipamentos de coleta e transporte e respectiva localização, e quanto aos fluxos dos resíduos dentro do canteiro. Fornecerá também os desvios determinados em relação à solução primeira sem implementação de melhorias.

O programa deverá fornecer um conjunto de relatórios que possibilitem uma análise crítica da situação até o momento, e a comparação com momentos anteriores, para apoio à decisão por parte dos gerenciadores do processo de gestão de RCC.

#### **4.2.6 INSTRUMENTOS DE PESQUISA**

Como instrumentos de pesquisa podem-se utilizar as informações recolhidas nas pesquisas bibliográficas anteriormente referidas, elementos de orçamentação entretanto obtidos em empresas, as respostas aos questionários não estruturados entretanto enviados, dados quantitativos relativos a resíduos recolhidos em outras obras pelas empresas, e outros, dispositivos de coleta de resíduos, dispositivos de acondicionamento interno, dispositivos de pesagem (balanças), máquina fotográfica, planilhas confeccionadas pelo pesquisador, planilhas facultadas pelas empresas alvo de estudo, dados coletados em obra, programa computacional.

#### 4.2.7 PARTICIPANTES

Prevê-se que durante a pesquisa participem: funcionários técnicos municipais, elementos de gestão/decisores das empresas de construção, funcionários técnicos das empresas (exº engenheiros de obra), encarregados e mestres de obra, funcionários de obra em geral, transportadores de resíduos, projetistas, orçamentistas, programador informático, pesquisador, orientador, subempreiteiros, fornecedores de materiais.

#### 4.3 CRONOGRAMA DA PESQUISA (INSTANTE DE QUALIFICAÇÃO)

| ITEM |                                     | Etapas |     | CRONOGRAMA |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
|------|-------------------------------------|--------|-----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
|      |                                     |        |     | 2017       |     |     |     |     |     | 2018 |     |     |     |     |     | 2019 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
|      |                                     | JAN    | FEV | MAR        | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET  | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR  | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN |  |  |
| 1    | Revisão de literatura               |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 3    | PESCD 2                             |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 4    | Disciplinas fora do programa        |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 5    | Submissão artigos                   |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 6    | Preparação qualificação             |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 8    | Qualificação                        |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 9    | Contato prévio empresas             |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 10   | Pesquisa de campo e coleta de dados |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 11   | Desenvolvimento SAD                 |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 12   | Redação do texto final da tese      |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 13   | Preparação de defesa da tese        |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| 14   | Defesa da tese                      |        |     |            |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |

Figura 433 – Cronograma da pesquisa (Fonte: o pesquisador)

#### 4.4 FLUXOGRAMA DA PESQUISA

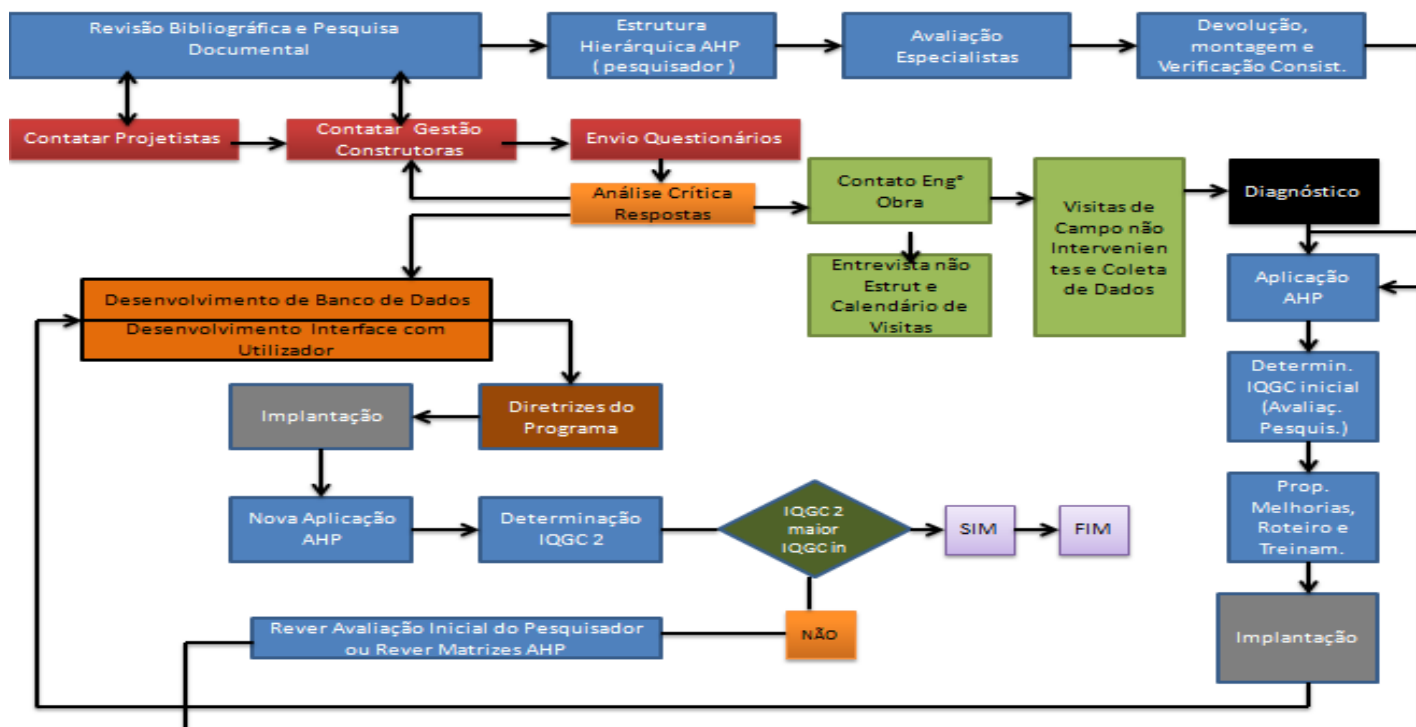


Figura 434 – Fluxograma da pesquisa (Fonte: o pesquisador)



#### 4.5 PROPOSTA DE UMA ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO BASE/ “CHARNEIRA” DA PESQUISA (AHP), VISANDO O MELHORAMENTO DO GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS, PARA USO DE CONSTRUTORAS BRASILEIRAS, E O QUE LHE ESTÁ SUBJACENTE

Para se chegar à estruturação da ferramenta “charneira” da pesquisa (AHP) é preciso primeiro conceber de uma forma esquemática quais as várias etapas que normalmente fazem parte do gerenciamento dos RCC no canteiro (e até depois, fora dele) de uma obra de edificação vertical. Dessa forma elaborou-se o fluxograma que consta na figura 435 a seguir.

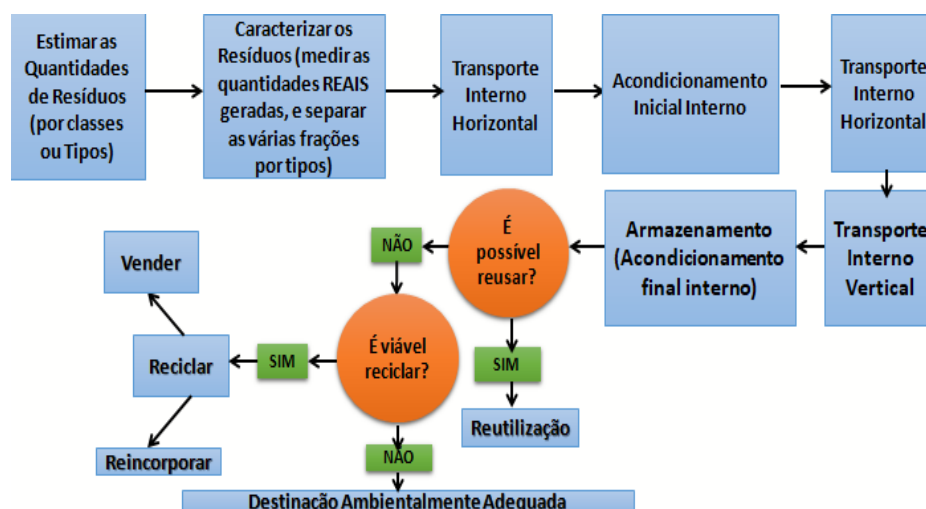


Figura 435 – Fluxograma genérico das etapas de gerenciamento de RCC/RCD em canteiros de obras civis verticais (Fonte: o pesquisador, 2018)

Além do mais, convém talvez também elaborar um fluxograma que sistematize o funcionamento sequencial dos vários passos do método AHP. Dessa forma elaborou-se o fluxograma que consta da figura 436.

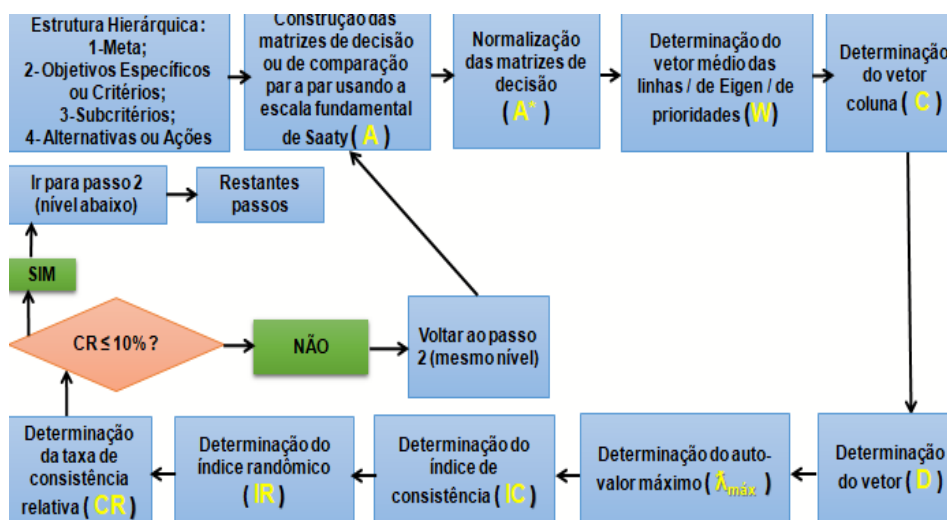


Figura 436 – AHP: As etapas do método (Fonte: o pesquisador, 2018)

Dada a extensa revisão sobre alguns métodos multicriteriais anteriormente apresentada, e recaindo a escolha da aplicação ao problema no método AHP, cuja descrição sintética consta no fluxograma da figura 436, e analisados os sucessivos trabalhos acadêmicos sobre este mesmo método, que no fundo seguiram uma estratégia “em funil” (primeiro o estudo da sua aplicação num problema de uma área de conhecimento genérica – a utilização do método AHP para selecionar e priorizar hipotéticos projetos, na gestão do portfólio dos projetos a serem implementados por uma determinada empresa (VARGAS, 2010) - depois o estudo já focado na sua aplicação num problema da área ambiental – utilização do método AHP na avaliação de critérios relevantes à implantação de programas de coleta seletiva (MARTINS, C.H.; PADILHA, D.J.; VERÍSSIMO, R., 2012) – depois estudo já sobre a respetiva aplicação num problema de resíduos domiciliares – aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos domiciliares (MARCHEZETTI, A.L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M.C.B., 2011) - depois ainda no estudo da aplicação do método num problema de seleção entre projetos ambientais – utilização do método AHP em decisões de investimento ambiental (BEN, F., 2006) – e finalmente o estudo já não de artigo mas sim de uma dissertação de mestrado sobre a “formulação de um Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos”, com esse mesmo título (HAMADA, P., 2011) – foi possível ao pesquisador estruturar uma proposta de aplicação do método AHP, em 4 níveis hierárquicos, para melhoramento da gestão de RCC em canteiros de edificações verticais de construtoras privadas, como ponto de partida para se chegar a uma ferramenta informática coadjuvante na resolução do problema. Essa proposta é a que passa a ser apresentada nas figuras 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449 e 450. Num primeiro nível temos a meta do problema, que será o melhoramento do gerenciamento de RCC em canteiros privados de edificações verticais, num nível 2 teremos definidas seis classes de critérios, num terceiro nível os sub-critérios pertencentes a cada uma dessas classes, e finalmente num 4º nível, que será o das combinações de ações/intervenções a realizar sobre as classes dos resíduos, e dada a natureza sistêmica do problema, tratou-se não de simples ações/intervenções, **mas sim de construção de combinações de ações/intervenções a realizar sobre as diversas classes definidas para os resíduos.**

Assim, ter-se-à:

| NÍVEIS HIERÁRQUICOS |  |         |            |            |              |              |
|---------------------|--|---------|------------|------------|--------------|--------------|
| 1= META:            | Otimizar Gerenciamento dos RCC em canteiros  |         |            |            |              |              |
| 2= CRITÉRIOS:       | Ambientais   | Sociais | Econômicos | Legislação | Estratégicos | Operacionais |
| 3= SUBCRITÉRIOS:    | Especificados mais adiante   |         |            |            |              |              |
| 4= AÇÕES:           | No caso são combinações de ações passíveis de realizar com as várias classes de resíduos |         |            |            |              |              |

Figura 437 – AHP: Uma proposta para aplicação em gerenciamento de RCC em canteiros de edificações verticais (o pesquisador, 2018)

Como sub-critérios dentro de cada uma das 6 classes de critérios foram definidos os que constam nas figuras 438, 439, 440 e 441.

**Critérios ambientais - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:**

- 1- política ambiental da empresa
- 2- vantagens ambientais
- 3- desvantagens ambientais

**Critérios sociais - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:**

- 1 - condições de vizinhança da obra
- 2 - política de responsabilidade social da empresa
- 3 - existência de prêmios/incentivos

**Critérios de legislação - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:**

- 1 - legislação municipal sobre RCC
- 2 - legislação estadual sobre RCC
- 3 - legislação federal sobre RCC

Figura 438 – AHP: Sub-critérios pertencentes às classes de critérios ambientais, sociais e de legislação (o pesquisador, 2018)

**Critérios Econômicos – propõem-se os SUBCRITÉRIOS**

- 1- retorno sobre os investimentos efetuados
- 2- diminuição dos riscos de acidentes de trabalho
- 3- benefício na produtividade
- 4- distâncias a ATT's, AT's e Usinas de Reciclagem de RCC;
- 5- capacidade financeira da empresa
- 6- quantidade de resíduos gerados
- 7- facilidade em vender os resíduos reciclados
- 8- composição dos RCC/RCD gerados

Figura 439 – AHP: Sub-critérios pertencentes à classe de critérios econômicos (o pesquisador, 2018)

**Critérios estratégicos - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:**

- 1 - grau de compromisso da administração
- 2 - grau de compromisso do gerente e mestre de obras
- 3 - grau de compromisso dos funcionários em geral
- 4 - grau de compromisso dos projetistas
- 5 - importância dada (pela administração) à reputação
- 6 - definição de metas (redução, reutilização, reciclagem)
- 7 - definição clara de responsabilidades

Figura 440 – AHP: Sub-critérios pertencentes à classe de critérios estratégicos (o pesquisador, 2018)

**Critérios operacionais - propõem-se os SUBCRITÉRIOS:**

- 1- melhoria da organização do canteiro
- 2- equipamentos de transporte interno disponíveis
- 3- equipamentos de condicionamento interno disponíveis
- 4- periodicidade da triagem
- 5- habilidade/treinamento dos funcionários
- 6- instante da triagem
- 7- localização dos equipamentos de condicionamento

Figura 441 – AHP: Sub-critérios pertencentes à classe de critérios operacionais (o pesquisador, 2018)

Para a estrutura proposta, além das classes de RCC definidas na resolução CONAMA nº 307/2002, foi ainda definida uma quinta classe de resíduos, que são aqueles que pela Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS) passaram a estar sujeitos à logística reversa. As ações/intervenções passíveis de serem realizadas com cada uma das 5 classes de resíduos assim definidas são as que estão esquematizadas na figura 442.

| AÇÕES<br>CLASSES  | AÇÕES   |        |                         |                   |                                    |          |
|-------------------|---------|--------|-------------------------|-------------------|------------------------------------|----------|
|                   | REDUZIR | REUSAR | RECICLAR E REINCORPORAR | RECICLAR E VENDER | DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE ADEQUADA | DEVOLVER |
| CLASSE A          | x       | x      | x                       | x                 | x                                  |          |
| CLASSE B          | x       | x      |                         | x                 | x                                  |          |
| CLASSE C          | x       |        |                         |                   | x                                  |          |
| CLASSE D          | x       |        |                         |                   | x                                  |          |
| LOGÍSTICA REVERSA |         |        |                         |                   |                                    | x        |

Figura 442 – Ações possíveis com as várias classes de resíduos definidas (o pesquisador, 2018)

Chegando ao 4º e último nível da estrutura proposta, e para se definirem as combinações de ações/intervenções a realizar sobre as várias classes de resíduos definidos, houve necessidade de se imporem algumas regras na construção das mesmas, e que foram as seguintes:

- i) RCC de classe A e classe B sofrem simultaneamente 3 tipos de ações, sendo uma delas obrigatoriamente reduzir;
- ii) RCC de classe C e classe D sofrem simultaneamente as duas ações possíveis para os mesmos;
- iii) Resíduos de logística reversa sofrem a única ação LEGALMENTE possível para eles (devolvidos a montante na cadeia de LR);
- iv) Qualquer combinação de ações contemplará as 5 classes de resíduos estabelecidas;

Estabelecida a proposta é tempo então de aplicar o método. Para isso começa-se, em primeiro lugar por construir uma matriz de decisão que faça a comparação par a par, entre cada dois elementos/posições da única matriz de decisão de comparação entre classes de critérios. Chega-se assim a uma matriz do tipo daquela que consta na figura 443.

| META - OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                   |                   |                   |                   |                   |                  |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|   | CR. AMBIENTAIS    | CR. SOCIAIS       | CR. ECONÔMICOS    | CR. LEGISLAÇÃO    | CR. ESTRATÉGICOS  | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS  | 1                 | a <sub>12</sub>   | a <sub>13</sub>   | a <sub>14</sub>   | a <sub>15</sub>   | a <sub>16</sub>  |
| CR. SOCIAIS   | 1/a <sub>12</sub> | 1                 | a <sub>23</sub>   | a <sub>24</sub>   | a <sub>25</sub>   | a <sub>26</sub>  |
| CR. ECONÔMICOS  | 1/a <sub>13</sub> | 1/a <sub>23</sub> | 1                 | a <sub>34</sub>   | a <sub>35</sub>   | a <sub>36</sub>  |
| CR. LEGISLAÇÃO  | 1/a <sub>14</sub> | 1/a <sub>24</sub> | 1/a <sub>34</sub> | 1                 | a <sub>45</sub>   | a <sub>46</sub>  |
| CR. ESTRATÉGICOS  | 1/a <sub>15</sub> | 1/a <sub>25</sub> | 1/a <sub>35</sub> | 1/a <sub>45</sub> | 1                 | a <sub>56</sub>  |
| CR. OPERACIONAIS  | 1/a <sub>16</sub> | 1/a <sub>26</sub> | 1/a <sub>36</sub> | 1/a <sub>46</sub> | 1/a <sub>56</sub> | 1                |

Figura 443 – Matriz de decisão que compara par a par os elementos do nível 2 – “classes” de critérios (O pesquisador, 2018)

Seguem-se os passos do método AHP até o passo 10, ao longo desse mesmo nível. Como esses passos foram anteriormente explicados anteriormente “ao correr da pena”, aqui fica uma sua apresentação de forma mais “mecânica” / abreviada:

Passo 3– **Normalização** da matriz de decisão [A]: divide-se cada elemento pelo valor soma da respetiva coluna;

Passo 4- Vetor médio das linhas/prioridades, (W): Cada elemento é a média dos elementos da respetiva linha da matriz normalizada. Esses valores significam o peso que o critério/subcritério/ação tem para a meta;

Passo 5 - Vetor (C): multiplica-se a matriz de decisão [A] pelo vetor (W);

Passo 6 - Vetor (D) = (C)/(W);

Passo 7 - Cálculo de  $\lambda_{m\acute{a}x}$ : determina-se o valor soma dos elementos de (D) e calcula-se a respectiva média aritmética. Esse valor médio é o  $\lambda_{m\acute{a}x}$ ;

Passo 8 - Índice de consistência, IC:  $IC = ( \lambda_{m\acute{a}x} - n ) / ( n - 1 )$ ;

Passo 9 - Índice randômico, IR: função de n (valores na figura 40);

Passo 10 - Taxa de consistência relativa, CR = ( IC / IR )

Nota: A atribuição dos  $a_{ij}$  nas matrizes do tipo da apresentada na figura 443 resultará de média dos valores obtidos por consulta ao conjunto de todos os especialistas, acrescidos aos decisores de cada obra.

Cumprindo-se  $CR \leq 10\%$  nesta 1ª fase/nível 2, desce-se um nível, e numa 2ª fase, no nível 3, e aplicando-se uma variante ramificada/“em árvore”, em relação à forma “clássica”/típica do AHP inicialmente proposta por Saaty, variante essa já aplicada por muitos outros autores, constroem-se matrizes [A] que comparam os subcritérios dentro de cada classe. Assim, e na estrutura aqui proposta ter-se-ão as seguintes seis matrizes de decisão para o nível 3, e para cada decisor ou especialista:

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                           |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESADVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1                             | $a_{1,2}$            | $a_{1,3}$                 |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | $1/a_{1,2}$                   | 1                    | $a_{2,3}$                 |
| DESADVANTAGENS AMBIENTAIS   | $1/a_{1,3}$                   | $1/a_{2,3}$          | 1                         |

Figura 444 – Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios ambientais (O pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1                              | $a_{1,2}$                     | $a_{1,3}$                    |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | $1/a_{1,2}$                    | 1                             | $a_{2,3}$                    |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | $1/a_{1,3}$                    | $1/a_{2,3}$                   | 1                            |

Figura 445 – Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios de legislação (O pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1                               | $a_{1,2}$                                  | $a_{1,3}$                         |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | $1/a_{1,2}$                     | 1  | $a_{2,3}$                         |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | $1/a_{1,3}$                     | $1/a_{2,3}$                                | 1                                 |

Figura 446 – Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios sociais (O pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1                                    | $a_{1,2}$                                       | $a_{1,3}$                                     | $a_{1,4}$                           | $a_{1,5}$                                       | $a_{1,6}$  | $a_{1,7}$                       |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | $1/a_{1,2}$                          | 1   | $a_{2,3}$                                     | $a_{2,4}$                           | $a_{2,5}$                                       | $a_{2,6}$  | $a_{2,7}$                       |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | $1/a_{1,3}$                          | $1/a_{2,3}$                                     | 1   | $a_{3,4}$                           | $a_{3,5}$                                       | $a_{3,6}$  | $a_{3,7}$                       |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | $1/a_{1,4}$                          | $1/a_{2,4}$                                     | $1/a_{3,4}$                                   | 1                                   | $a_{4,5}$                                       | $a_{4,6}$  | $a_{4,7}$                       |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | $1/a_{1,5}$                          | $1/a_{2,5}$                                     | $1/a_{3,5}$                                   | $1/a_{4,5}$                         | 1   | $a_{5,6}$  | $a_{5,7}$                       |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | $1/a_{1,6}$                          | $1/a_{2,6}$                                     | $1/a_{3,6}$                                   | $1/a_{4,6}$                         | $1/a_{5,6}$                                     | 1  | $a_{6,7}$                       |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | $1/a_{1,7}$                          | $1/a_{2,7}$                                     | $1/a_{3,7}$                                   | $1/a_{4,7}$                         | $1/a_{5,7}$                                     | $1/a_{6,7}$  | 1                               |

Figura 447 – Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios estratégicos (O pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |   |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILIDADE/TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1                             | a <sub>1,2</sub>                            | a <sub>1,3</sub>                                  | a <sub>1,4</sub>         | a <sub>1,5</sub>                        | a <sub>1,6</sub>    | a <sub>1,7</sub>                                 |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 1/a <sub>1,2</sub>            | 1   | a <sub>2,3</sub>                                  | a <sub>2,4</sub>         | a <sub>2,5</sub>                        | a <sub>2,6</sub>    | a <sub>2,7</sub>                                 |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1/a <sub>1,3</sub>            | 1/a <sub>2,3</sub>                          | 1   | a <sub>3,4</sub>         | a <sub>3,5</sub>                        | a <sub>3,6</sub>    | a <sub>3,7</sub>                                 |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 1/a <sub>1,4</sub>            | 1/a <sub>2,4</sub>                          | 1/a <sub>3,4</sub>                                | 1                        | a <sub>4,5</sub>                        | a <sub>4,6</sub>    | a <sub>4,7</sub>                                 |
| HABILIDADE/TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 1/a <sub>1,5</sub>            | 1/a <sub>2,5</sub>                          | 1/a <sub>3,5</sub>                                | 1/a <sub>4,5</sub>       | 1                                       | a <sub>5,6</sub>    | a <sub>5,7</sub>                                 |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 1/a <sub>1,6</sub>            | 1/a <sub>2,6</sub>                          | 1/a <sub>3,6</sub>                                | 1/a <sub>4,6</sub>       | 1/a <sub>5,6</sub>                      | 1                   | a <sub>6,7</sub>                                 |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1/a <sub>1,7</sub>            | 1/a <sub>2,7</sub>                          | 1/a <sub>3,7</sub>                                | 1/a <sub>4,7</sub>       | 1/a <sub>5,7</sub>                      | 1/a <sub>6,7</sub>  | 1  |

Figura 448 – Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios operacionais (O pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIAS A INFRA-ESTRUTURAS DE APOIO EXTERNAS MAIS PRÓXIMAS (ATT'S, USINAS DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A, ATERROS DE RESERVAÇÃO DE RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1                                     | a <sub>1,2</sub>                               | a <sub>1,3</sub>           | a <sub>1,4</sub>   | a <sub>1,5</sub>                 | a <sub>1,6</sub>         | a <sub>1,7</sub>                       | a <sub>1,8</sub>           |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 1/a <sub>1,2</sub>                    | 1  | a <sub>2,3</sub>           | a <sub>2,4</sub>   | a <sub>2,5</sub>                 | a <sub>2,6</sub>         | a <sub>2,7</sub>                       | a <sub>2,8</sub>           |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 1/a <sub>1,3</sub>                    | 1/a <sub>2,3</sub>                             | 1                          | a <sub>3,4</sub>   | a <sub>3,5</sub>                 | a <sub>3,6</sub>         | a <sub>3,7</sub>                       | a <sub>3,8</sub>           |
| DISTÂNCIAS A INFRA-ESTRUTURAS DE APOIO EXTERNAS MAIS PRÓXIMAS (ATT'S, USINAS DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A, ATERROS DE RESERVAÇÃO DE RCC CLASSE A) | 1/a <sub>1,4</sub>                    | 1/a <sub>2,4</sub>                             | 1/a <sub>3,4</sub>         | 1  | a <sub>4,5</sub>                 | a <sub>4,6</sub>         | a <sub>4,7</sub>                       | a <sub>4,8</sub>           |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 1/a <sub>1,5</sub>                    | 1/a <sub>2,5</sub>                             | 1/a <sub>3,5</sub>         | 1/a <sub>4,5</sub>   | 1                                | a <sub>5,6</sub>         | a <sub>5,7</sub>                       | a <sub>5,8</sub>           |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 1/a <sub>1,6</sub>                    | 1/a <sub>2,6</sub>                             | 1/a <sub>3,6</sub>         | 1/a <sub>4,6</sub>   | 1/a <sub>5,6</sub>               | 1                        | a <sub>6,7</sub>                       | a <sub>6,8</sub>           |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 1/a <sub>1,7</sub>                    | 1/a <sub>2,7</sub>                             | 1/a <sub>3,7</sub>         | 1/a <sub>4,7</sub>   | 1/a <sub>5,7</sub>               | 1/a <sub>6,7</sub>       | 1                                      | a <sub>7,8</sub>           |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 1/a <sub>1,8</sub>                    | 1/a <sub>2,8</sub>                             | 1/a <sub>3,8</sub>         | 1/a <sub>4,8</sub>   | 1/a <sub>5,8</sub>               | 1/a <sub>6,8</sub>       | 1/a <sub>7,8</sub>                     | 1                          |

Figura 449 – Matriz de decisão que compara par a par os subcritérios pertencentes à classe de critérios econômicos (O pesquisador, 2018)



Nota: De novo a atribuição dos  $a_{ij}$  nas matrizes do tipo das apresentadas nas figuras 444 a 449 resultará de média dos valores obtidos por consulta ao conjunto de todos os especialistas, acrescidos dos decisores de cada obra.

De novo terão que ser seguidos os restantes passos até o 10, onde será analisada a consistência destas 6 matrizes (ou seja, se todas elas cumprem a condição do respectivo valor de CR ser menor ou igual a 10%). Cumprindo-se  $CR \leq 10\%$  para todas elas, desce-se novamente um nível, agora até o nível 4, que é o das combinações de ações/intervenções sobre as várias classes de resíduos. E então: ou se constroem matrizes segundo cada um dos subcritérios (31 matrizes de ordem 18), ou se constroi uma matriz [A] “genérica” entre as combinações de ações possíveis para a globalidade dos subcritérios (uma única de ordem de ordem 18). Pela primeira forma, para achar a importância de determinada combinação de ações para a meta, faz-se: através do vetor (W) correspondente à matriz [A] de comparação de todas as combinações para um determinado sub-critério, acha-se a importância de qualquer combinação segundo ele. Multiplicando-se qualquer dos 31 pesos de sub-critérios pela importância desse sub-critério dentro da sua classe de critérios, e depois pelo peso da classe em relação à meta, chega-se à contribuição de uma determinada combinação para a meta, segundo um determinado sub-critério, que pertence a uma classe de critérios específica. Repetindo para essa combinação e para os restantes sub-critérios e e restantes classes de critérios, através de somatória de produtos chega-se à **importância total (global) daquela combinação de ações para a meta**. Fazendo o mesmo para as restantes combinações, a que obtiver o maior valor será **a melhor**.

Dizer que, ao longo da pesquisa, se tentou de todas as formas obter as matrizes do nível 4 preenchidas tanto por especialistas quanto pelos decisores. No entanto, considerando que se começou por considerar a possibilidade de revender os resíduos de logística reversa, o que no nível 4 do problema criaria matrizes de ordem 36, não se sabe se isso terá inibido as respostas, de modo que, para esse nível, e mesmo simplificando para 18 combinações (possibilidade apenas de devolução a montante dos resíduos de logística reversa), obteve-se uma única matriz preenchida por 2 decisores, semelhante à da figura 450.



| COMBINAÇÕES DE AÇÕES - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR, ENTRE TODAS AS COMBINAÇÕES DE AÇÕES/INTERVENÇÕES POSSÍVEIS ENTRE SI, DE ACORDO COM AS REGRAS ESTIPULADAS, E SOBRE RCC, E NO GERAL - MATRIZ ÚNICA DE NÍVEL 4 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | (A1,A2,A3; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A3; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A3; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A4; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A4; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A4; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A4; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A4; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A4; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A4,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A4,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A4,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) |
| (A1,A2,A3; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1                                       | a <sub>1,2</sub>                        | a <sub>1,3</sub>                        | a <sub>1,4</sub>                        | a <sub>1,5</sub>                        | a <sub>1,6</sub>                        | a <sub>1,7</sub>                        | a <sub>1,8</sub>                        | a <sub>1,9</sub>                        | a <sub>1,10</sub>                       | a <sub>1,11</sub>                       | a <sub>1,12</sub>                       | a <sub>1,13</sub>                       | a <sub>1,14</sub>                       | a <sub>1,15</sub>                       | a <sub>1,16</sub>                       | a <sub>1,17</sub>                       | a <sub>1,18</sub>                       |
| (A1,A2,A3; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,2</sub>                      | 1                                       | a <sub>2,3</sub>                        | a <sub>2,4</sub>                        | a <sub>2,5</sub>                        | a <sub>2,6</sub>                        | a <sub>2,7</sub>                        | a <sub>2,8</sub>                        | a <sub>2,9</sub>                        | a <sub>2,10</sub>                       | a <sub>2,11</sub>                       | a <sub>2,12</sub>                       | a <sub>2,13</sub>                       | a <sub>2,14</sub>                       | a <sub>2,15</sub>                       | a <sub>2,16</sub>                       | a <sub>2,17</sub>                       | a <sub>2,18</sub>                       |
| (A1,A2,A3; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,3</sub>                      | 1/a <sub>2,3</sub>                      | 1                                       | a <sub>3,4</sub>                        | a <sub>3,5</sub>                        | a <sub>3,6</sub>                        | a <sub>3,7</sub>                        | a <sub>3,8</sub>                        | a <sub>3,9</sub>                        | a <sub>3,10</sub>                       | a <sub>3,11</sub>                       | a <sub>3,12</sub>                       | a <sub>3,13</sub>                       | a <sub>3,14</sub>                       | a <sub>3,15</sub>                       | a <sub>3,16</sub>                       | a <sub>3,17</sub>                       | a <sub>3,18</sub>                       |
| (A1,A2,A4; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,4</sub>                      | 1/a <sub>2,4</sub>                      | 1/a <sub>3,4</sub>                      | 1                                       | a <sub>4,5</sub>                        | a <sub>4,6</sub>                        | a <sub>4,7</sub>                        | a <sub>4,8</sub>                        | a <sub>4,9</sub>                        | a <sub>4,10</sub>                       | a <sub>4,11</sub>                       | a <sub>4,12</sub>                       | a <sub>4,13</sub>                       | a <sub>4,14</sub>                       | a <sub>4,15</sub>                       | a <sub>4,16</sub>                       | a <sub>4,17</sub>                       | a <sub>4,18</sub>                       |
| (A1,A2,A4; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,5</sub>                      | 1/a <sub>2,5</sub>                      | 1/a <sub>3,5</sub>                      | 1/a <sub>4,5</sub>                      | 1                                       | a <sub>5,6</sub>                        | a <sub>5,7</sub>                        | a <sub>5,8</sub>                        | a <sub>5,9</sub>                        | a <sub>5,10</sub>                       | a <sub>5,11</sub>                       | a <sub>5,12</sub>                       | a <sub>5,13</sub>                       | a <sub>5,14</sub>                       | a <sub>5,15</sub>                       | a <sub>5,16</sub>                       | a <sub>5,17</sub>                       | a <sub>5,18</sub>                       |
| (A1,A2,A4; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,6</sub>                      | 1/a <sub>2,6</sub>                      | 1/a <sub>3,6</sub>                      | 1/a <sub>4,6</sub>                      | 1/a <sub>5,6</sub>                      | 1                                       | a <sub>6,7</sub>                        | a <sub>6,8</sub>                        | a <sub>6,9</sub>                        | a <sub>6,10</sub>                       | a <sub>6,11</sub>                       | a <sub>6,12</sub>                       | a <sub>6,13</sub>                       | a <sub>6,14</sub>                       | a <sub>6,15</sub>                       | a <sub>6,16</sub>                       | a <sub>6,17</sub>                       | a <sub>6,18</sub>                       |
| (A1,A2,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,7</sub>                      | 1/a <sub>2,7</sub>                      | 1/a <sub>3,7</sub>                      | 1/a <sub>4,7</sub>                      | 1/a <sub>5,7</sub>                      | 1/a <sub>6,7</sub>                      | 1                                       | a <sub>7,8</sub>                        | a <sub>7,9</sub>                        | a <sub>7,10</sub>                       | a <sub>7,11</sub>                       | a <sub>7,12</sub>                       | a <sub>7,13</sub>                       | a <sub>7,14</sub>                       | a <sub>7,15</sub>                       | a <sub>7,16</sub>                       | a <sub>7,17</sub>                       | a <sub>7,18</sub>                       |
| (A1,A2,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,8</sub>                      | 1/a <sub>2,8</sub>                      | 1/a <sub>3,8</sub>                      | 1/a <sub>4,8</sub>                      | 1/a <sub>5,8</sub>                      | 1/a <sub>6,8</sub>                      | 1/a <sub>7,8</sub>                      | 1                                       | a <sub>8,9</sub>                        | a <sub>8,10</sub>                       | a <sub>8,11</sub>                       | a <sub>8,12</sub>                       | a <sub>8,13</sub>                       | a <sub>8,14</sub>                       | a <sub>8,15</sub>                       | a <sub>8,16</sub>                       | a <sub>8,17</sub>                       | a <sub>8,18</sub>                       |
| (A1,A2,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,9</sub>                      | 1/a <sub>2,9</sub>                      | 1/a <sub>3,9</sub>                      | 1/a <sub>4,9</sub>                      | 1/a <sub>5,9</sub>                      | 1/a <sub>6,9</sub>                      | 1/a <sub>7,9</sub>                      | 1/a <sub>8,9</sub>                      | 1                                       | a <sub>9,10</sub>                       | a <sub>9,11</sub>                       | a <sub>9,12</sub>                       | a <sub>9,13</sub>                       | a <sub>9,14</sub>                       | a <sub>9,15</sub>                       | a <sub>9,16</sub>                       | a <sub>9,17</sub>                       | a <sub>9,18</sub>                       |
| (A1,A3,A4; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,10</sub>                     | 1/a <sub>2,10</sub>                     | 1/a <sub>3,10</sub>                     | 1/a <sub>4,10</sub>                     | 1/a <sub>5,10</sub>                     | 1/a <sub>6,10</sub>                     | 1/a <sub>7,10</sub>                     | 1/a <sub>8,10</sub>                     | 1/a <sub>9,10</sub>                     | 1                                       | a <sub>10,11</sub>                      | a <sub>10,12</sub>                      | a <sub>10,13</sub>                      | a <sub>10,14</sub>                      | a <sub>10,15</sub>                      | a <sub>10,16</sub>                      | a <sub>10,17</sub>                      | a <sub>10,18</sub>                      |
| (A1,A3,A4; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,11</sub>                     | 1/a <sub>2,11</sub>                     | 1/a <sub>3,11</sub>                     | 1/a <sub>4,11</sub>                     | 1/a <sub>5,11</sub>                     | 1/a <sub>6,11</sub>                     | 1/a <sub>7,11</sub>                     | 1/a <sub>8,11</sub>                     | 1/a <sub>9,11</sub>                     | 1/a <sub>10,11</sub>                    | 1                                       | a <sub>11,12</sub>                      | a <sub>11,13</sub>                      | a <sub>11,14</sub>                      | a <sub>11,15</sub>                      | a <sub>11,16</sub>                      | a <sub>11,17</sub>                      | a <sub>11,18</sub>                      |
| (A1,A3,A4; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,12</sub>                     | 1/a <sub>2,12</sub>                     | 1/a <sub>3,12</sub>                     | 1/a <sub>4,12</sub>                     | 1/a <sub>5,12</sub>                     | 1/a <sub>6,12</sub>                     | 1/a <sub>7,12</sub>                     | 1/a <sub>8,12</sub>                     | 1/a <sub>9,12</sub>                     | 1/a <sub>10,12</sub>                    | 1/a <sub>11,12</sub>                    | 1                                       | a <sub>12,13</sub>                      | a <sub>12,14</sub>                      | a <sub>12,15</sub>                      | a <sub>12,16</sub>                      | a <sub>12,17</sub>                      | a <sub>12,18</sub>                      |
| (A1,A3,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,13</sub>                     | 1/a <sub>2,13</sub>                     | 1/a <sub>3,13</sub>                     | 1/a <sub>4,13</sub>                     | 1/a <sub>5,13</sub>                     | 1/a <sub>6,13</sub>                     | 1/a <sub>7,13</sub>                     | 1/a <sub>8,13</sub>                     | 1/a <sub>9,13</sub>                     | 1/a <sub>10,13</sub>                    | 1/a <sub>11,13</sub>                    | 1/a <sub>12,13</sub>                    | 1                                       | a <sub>13,14</sub>                      | a <sub>13,15</sub>                      | a <sub>13,16</sub>                      | a <sub>13,17</sub>                      | a <sub>13,18</sub>                      |
| (A1,A3,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,14</sub>                     | 1/a <sub>2,14</sub>                     | 1/a <sub>3,14</sub>                     | 1/a <sub>4,14</sub>                     | 1/a <sub>5,14</sub>                     | 1/a <sub>6,14</sub>                     | 1/a <sub>7,14</sub>                     | 1/a <sub>8,14</sub>                     | 1/a <sub>9,14</sub>                     | 1/a <sub>10,14</sub>                    | 1/a <sub>11,14</sub>                    | 1/a <sub>12,14</sub>                    | 1/a <sub>13,14</sub>                    | 1                                       | a <sub>14,15</sub>                      | a <sub>14,16</sub>                      | a <sub>14,17</sub>                      | a <sub>14,18</sub>                      |
| (A1,A3,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,15</sub>                     | 1/a <sub>2,15</sub>                     | 1/a <sub>3,15</sub>                     | 1/a <sub>4,15</sub>                     | 1/a <sub>5,15</sub>                     | 1/a <sub>6,15</sub>                     | 1/a <sub>7,15</sub>                     | 1/a <sub>8,15</sub>                     | 1/a <sub>9,15</sub>                     | 1/a <sub>10,15</sub>                    | 1/a <sub>11,15</sub>                    | 1/a <sub>12,15</sub>                    | 1/a <sub>13,15</sub>                    | 1/a <sub>14,15</sub>                    | 1                                       | a <sub>15,16</sub>                      | a <sub>15,17</sub>                      | a <sub>15,18</sub>                      |
| (A1,A4,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,16</sub>                     | 1/a <sub>2,16</sub>                     | 1/a <sub>3,16</sub>                     | 1/a <sub>4,16</sub>                     | 1/a <sub>5,16</sub>                     | 1/a <sub>6,16</sub>                     | 1/a <sub>7,16</sub>                     | 1/a <sub>8,16</sub>                     | 1/a <sub>9,16</sub>                     | 1/a <sub>10,16</sub>                    | 1/a <sub>11,16</sub>                    | 1/a <sub>12,16</sub>                    | 1/a <sub>13,16</sub>                    | 1/a <sub>14,16</sub>                    | 1/a <sub>15,16</sub>                    | 1                                       | a <sub>16,17</sub>                      | a <sub>16,18</sub>                      |
| (A1,A4,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,17</sub>                     | 1/a <sub>2,17</sub>                     | 1/a <sub>3,17</sub>                     | 1/a <sub>4,17</sub>                     | 1/a <sub>5,17</sub>                     | 1/a <sub>6,17</sub>                     | 1/a <sub>7,17</sub>                     | 1/a <sub>8,17</sub>                     | 1/a <sub>9,17</sub>                     | 1/a <sub>10,17</sub>                    | 1/a <sub>11,17</sub>                    | 1/a <sub>12,17</sub>                    | 1/a <sub>13,17</sub>                    | 1/a <sub>14,17</sub>                    | 1/a <sub>15,17</sub>                    | 1/a <sub>16,17</sub>                    | 1                                       | a <sub>17,18</sub>                      |
| (A1,A4,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6)  | 1/a <sub>1,18</sub>                     | 1/a <sub>2,18</sub>                     | 1/a <sub>3,18</sub>                     | 1/a <sub>4,18</sub>                     | 1/a <sub>5,18</sub>                     | 1/a <sub>6,18</sub>                     | 1/a <sub>7,18</sub>                     | 1/a <sub>8,18</sub>                     | 1/a <sub>9,18</sub>                     | 1/a <sub>10,18</sub>                    | 1/a <sub>11,18</sub>                    | 1/a <sub>12,18</sub>                    | 1/a <sub>13,18</sub>                    | 1/a <sub>14,18</sub>                    | 1/a <sub>15,18</sub>                    | 1/a <sub>16,18</sub>                    | 1/a <sub>17,18</sub>                    | 1                                       |

Figura 450 – Matriz de decisão do nível 4, que compara as combinações de ações / intervenções sobre os resíduos das várias classes, e entre si (O pesquisador, 2018)

Dizer que a notação das combinações de ações / intervenções da figura 450 acima guarda uma estreita relação com a figura 442 atrás. Assim, e por exemplo, a combinação de ações / intervenções (A1, A2, A3; B1, B2, B4; C1, C5; D1, D5; LR6) significa que os resíduos de classe A serão reduzidos, reusados e reciclados e reincorporados, os resíduos de classe B serão reduzidos, reusados e reciclados e vendidos, os resíduos de classe C serão reduzidos e destinados de uma forma ambientalmente adequada, os resíduos de classe D serão reduzidos e destinados de uma forma ambientalmente adequada, e os resíduos de logística reversa serão devolvidos a montante na respectiva cadeia. Já a combinação de ações / intervenções (A1, A2, A4; B1, B4, B5; C1, C5; D1, D5; LR6) significa que os resíduos de classe A serão reduzidos, reusados e reciclados e vendidos, os resíduos de classe B serão reduzidos, reciclados e vendidos, e destinados de uma forma

ambientalmente adequada, os resíduos de classe C serão reduzidos e destinados de uma forma ambientalmente adequada, os resíduos de classe D serão reduzidos e destinados de uma forma ambientalmente adequada, e os resíduos de logística reversa serão devolvidos a montante na respectiva cadeia. A combinação de ações / intervenções (A1, A3, A4; B1, B2, B5; C1, C5; D1, D5; LR6) significa que os resíduos de classe A serão reduzidos, reciclados e reincorporados, e reciclados e vendidos, os resíduos de classe B serão reduzidos, reusados, e destinados de uma forma ambientalmente adequada, os resíduos de classe C serão reduzidos e destinados de uma forma ambientalmente adequada, os resíduos de classe D serão reduzidos e destinados de uma forma ambientalmente adequada, e os resíduos de logística reversa serão devolvidos a montante na respectiva cadeia. E assim sucessivamente.

## **5. ESTUDO DE CASO**

### **5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Segundo Segatto-Mendes, A.P. e Mendes, N. (2006), o estudo de caso é um método em que um determinado fenômeno é estudado e analisado em seu contexto real, com a finalidade de avaliar as decisões que foram tomadas, o porquê dessas decisões, e qual o resultado das mesmas. Dessa forma, as causas e as consequências do fenômeno e seu desenvolvimento vão sendo esclarecidos, sempre considerando o momento e circunstâncias em que ocorreram.

Como o propósito básico deste estudo foi a busca de informações sobre o processo de gerenciamento de RCC em canteiros de edificações verticais, tornou-se necessário escolher um método que apresentasse sinais de como processo se realizava nos canteiros de algumas empresas alvo de estudo.

Optou-se pela realização prévia de um estudo-piloto, o qual foi realizado numa obra de edificação vertical na cidade de São Carlos-SP. Ao longo desse estudo-piloto foram sendo feitas observações diretas sem intervenção, relativas aos procedimentos de gerenciamento de RCC naquele canteiro, por parte de responsáveis técnicos da construtora, funcionários de nível operacional da mesma e terceirizados, bem como sobre as atividades de remoção dos resíduos da obra em questão.

Foram feitos registros fotográficos dessas observações, colhidos registros de controle e documentação pertencentes à construtora, e distribuído um questionário para ser respondido por alguns dos quadros técnicos da mesma.

Foi também feito estudo sobre a legislação aplicável sobre gerenciamento de resíduos em canteiros de obra, tendo em consideração (nível municipal e estadual) a localização do canteiro objeto do estudo-piloto.

Feito também o preenchimento das matrizes de decisão resultantes de estruturação do método AHP em quatro níveis hierárquicos, elaborada pelo pesquisador, e tendo como objetivo a melhoria do gerenciamento de RCC em canteiros de obras verticais, em construtoras brasileiras.

Elaborado um diagnóstico sobre os procedimentos de gerenciamento de RCC naquela obra, o qual foi entregue à empresa.

## **5.2 ESTUDO-PILOTO**

Segundo Yin, R.K. (1989) o estudo-piloto trata-se de uma preparação final do investigador para a etapa de coleta de dados. Ainda de acordo com o autor, a execução do estudo piloto irá auxiliar o investigador a refinar os seus procedimentos de coleta e registro de dados e dá-lhe as condições para testar os procedimentos estabelecidos com esse fim.

Para Yin, R.K. (1989), a condução de um estudo piloto é de suma importância e a ele devem ser dados mais recursos do que à fase de coleta de dados do caso real, pois, se o pesquisador concluir com êxito a condução do estudo piloto, a probabilidade de sucesso na condução do estudo do caso real será bastante elevada.

### **5.2.1 A CONSTRUTORA, A OBRA E A LOCALIZAÇÃO**

O estudo-piloto foi realizado em uma das obras de uma construtora de médio porte, com sete anos de atuação no mercado de edificações verticais, sobretudo no segmento residencial/habitacional, sendo que o porte das obras realizadas foi aumentando à medida que os anos se foram sucedendo. Assim, a empresa começou por atuar em condomínios residenciais de moradias, e/ou de construções de pequena altura, sendo que hoje em dia o número médio de pavimentos das suas obras ronda os 12 pavimentos de altura.

Trata-se com uma empresa com dois sócios relativamente jovens, que, ao que se pôde observar, têm uma postura bastante pro-ativa e até inovadora na forma de gestão dos seus negócios. No entanto, a empresa ainda é jovem, e em termos da formação do seu quadro de pessoal, pode se considerar que ainda está se consolidando. Hoje em dia já possui preenchido um leque de funções relativamente alargado, embora com poucos profissionais em cada uma dessas funções. Recorre muito ainda a sub-empregados e terceirizados.

Embora a matriz da empresa seja na cidade de São Carlos-SP, hoje em dia mantém obras em andamento em quatro cidades diferentes, todas do estado de São Paulo.

A obra onde o estudo-piloto foi realizado situa-se na cidade de São Carlos-SP, nas proximidades da Avenida Getúlio Vargas, sendo constituída por três torres de apartamentos, de doze pavimentos cada, totalizando 288 unidades habitacionais.

## 5.2.2 O CONTATO INICIAL

Antes de iniciadas as visitas de campo, foi efetuado um contato inicial prévio com os responsáveis da construtora, na pessoa do seu Diretor de Engenharia. Agendada então uma primeira reunião, e durante a mesma, foram-lhe passados os elementos que constam das figuras 451, 452 e 453.

### APRESENTAÇÃO:

Passo brevemente a apresentar-me, eu sou o Eng<sup>o</sup> Civil Romão Direitinho, formado em Coimbra (originariamente português, cidadão brasileiro naturalizado), comecei por revalidar meu diploma estrangeiro na UFSCar, onde acabei por fazer mestrado, e hoje em dia sou doutorando, orientado pelo Prof. Dr. José da Costa Marques Neto. Faço pesquisa na área de resíduos da Construção Civil. O Prof. Dr. Douglas Barreto conhece-me desde o ano de 2011, pois foi meu Professor na disciplina de Instalações Elétricas, na minha revalidação de diploma de graduação.

A minha pesquisa tem como **objetivo principal** conseguir chegar ao desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão (SAD) que permita melhorar o gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiros de obra de construção civil verticais, ajudando portanto as empresas construtoras a conseguir tal propósito. Esse sistema de apoio à decisão tem como fundamento a aplicação de um método multicriterial de apoio à decisão, que é o método AHP (desenvolvido por Thomas Saaty nos anos 70 do século passado e aplicado à resolução de problemas complexos em várias áreas de conhecimento). Trata-se resumidamente de um método em 10 etapas que funciona matricialmente através da atribuição de um conjunto de pesos, estando estruturado por níveis hierárquicos (meta do problema, critérios, sub-critérios, ações ou combinações de ações).

Figura 451 – Estudo-piloto, reunião prévia, carta de apresentação (Fonte: o pesquisador, 2018)

### MÉTODO

**METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS** – Em termos resumidos pode-se dizer que se trata de uma coleta de dados por observação direta, com acompanhamento de uma ou mais obras, e onde o propósito é observar e registrar em uma ou mais “check-list” a forma como a empresa se organiza no gerenciamento dos seus resíduos de construção civil em obra, nas suas diversas etapas, ou seja (quantificação da geração e caracterização dos resíduos, respetiva triagem/segregação dos mesmos, modo de transporte horizontal dos mesmos ao longo dos pavimentos, acondicionamento intermediário dos resíduos nos pavimentos, transporte dos resíduos até o térreo, acondicionamento final dos resíduos no térreo, transporte para fora do canteiro – áreas de transbordo e triagem ou usinas de reciclagem de classe A, ou usinas/indústrias a quem possa eventualmente vender os vários tipos de resíduos, transporte até aterros sanitários próximos, ou outro tipo de soluções usadas).

A coleta de dados é de extrema importância por dois motivos: primeiro porque é ela que permite elaborar um diagnóstico do modo de operação da empresa quanto a todas aquelas etapas de gerenciamento atrás referidas; e em segundo lugar porque é ela que vai alimentar o banco de dados do sistema de apoio à decisão baseado no funcionamento do método AHP (vulgarmente chamado de método hierárquico).

Prevê-se que o tempo necessário para acompanhamento das obras deverá variar entre 2 a 3 meses, grosso modo.

Ressalta-se que serão atendidos os requisitos de sigilo e confidencialidade com respeito às obras visitadas / estudadas.

Figura 452 – Estudo-piloto, reunião prévia, método (Fonte: o pesquisador)

## RESULTADOS

Depois da coleta de dados efetuada a empresa vai receber antes de mais um diagnóstico decorrente das planilhas/"check-list" que o pesquisador foi preenchendo, acerca daquilo que, na visão deste, é o atual estado do gerenciamento de resíduos de construção nas suas obras civis verticais.

No final, depois de elaborada a tese, a empresa receberá cópias da mesma.

Com o sistema de apoio à decisão envolvido, a empresa poderá fazer uso dele, sem quaisquer encargos.

Figura 453 – Estudo-piloto, reunião prévia, resultados (Fonte: o pesquisador, 2018)

Após essa reunião inicial e algum tempo de espera foi solicitada ao pesquisador que apresentasse uma "agenda" em forma de planilha eletrônica, e respeitante ao que seria seu propósito realizar nas visitas de campo a efetuar durante as primeiras semanas. Nas figuras 454, 455 e 456 apresentam-se a carta de resposta à solicitação e um excerto da agenda solicitada. O processo se prolongou um pouco além do inicialmente previsto, e as visitas de campo começaram na terceira semana do mês de Julho de 2018.

Bom dia, Eng<sup>o</sup> .....

No seguimento da nossa reunião de ontem, dia 21/06/18, com a presença do Prof. Dr. Douglas, do senhor e de mim próprio, e no caso da pesquisa em campo ser aceite pelos donos da ..... Construtora, propomos entrada em obra(s) na semana que se inicia a 02 de Julho próximo, num dia à vossa escolha, em função da sua agenda pessoal.

Prevê-se que o acompanhamento das obras seja feito ao longo de dois dias inteiros em cada semana, seguidos ou alternados, a definir. Em casos de trabalhos específicos importantes, eventualmente um 3<sup>o</sup> dia pode vir a ser pontualmente necessário.

O nosso método de coleta de dados será o de observação direta sem intervenção, e por recurso ao preenchimento de check-list's/listas de verificação.

Julga-se que o período necessário de acompanhamento das obras seja de cerca de 2 a 3 meses, não mais.

Reforçamos que qualquer elemento coletado por nós será absolutamente sigiloso, e antes de tudo o resto apresentado à empresa, a qual será identificada no texto da tese como "Construtora X".

Solicitamos apenas a possibilidade de poder tirar algumas fotos no decurso dos trabalhos, para poder ilustrar o texto da tese. Uma vez mais apresentadas primeiramente à ..... Construtora.

No final do período de acompanhamento das obras será entregue à empresa um diagnóstico da situação do gerenciamento dos resíduos nas obras. Assim como será fornecido depois exemplar do texto da tese. E desenvolvido o sistema informático de apoio à decisão para melhoria do gerenciamento de resíduos, a empresa poderá usá-lo sem encargos.

Para as primeiras 5 semanas de acompanhamento propõe-se a agenda que se anexa nas páginas a seguir.

Figura 454 – Estudo-piloto, carta de resposta a solicitação de agenda de visitas de campo (Fonte: o pesquisador, 2018)

|                 | DIA 1   | DIA 2   |
|-----------------|---|---|
| <b>SEMANA 1</b> | Apresentação / Conhecimento dos vários intervenientes nas obra  | Concepção de check list a ser aplicada nas primeiras 4 semanas  |
|                 | Verificação das fases de trabalhos em que as obras se encontram e possíveis resíduos a serem gerados  | Acompanhamento dos fluxos gerais de resíduos nas obras  |
| <b>SEMANA 2</b> | Verificação de como e qual o instante em que a triagem dos vários resíduos é realizada: <input type="checkbox"/> logo após geração; <input type="checkbox"/> num intervalo de serviço; <input type="checkbox"/> ao final do dia; <input type="checkbox"/> só quando aquele serviço acaba mesmo  | Verificação dos responsáveis pela triagem: _____; e de como o fazem: _____  |
| <b>SEMANA 3</b> | Identificação dos vários equipamentos / formas de transporte horizontal dos vários tipos de resíduos nas obras:<br>Baldes plásticos, latas vazias c/ asa para: _____<br>_____ ; Sacos plásticos para: _____<br>_____ ; Sacos de rafia para: _____<br>_____ ; Carrinhos de mão / gericas para : _____<br>_____ ; Manualmente para: _____<br>_____ ; Manualmente em fardos para: _____<br>_____ ; Porta pallettes para: _____<br>_____ ; Outros para: _____ | Identificação se os funcionários e terceirizados recebem tratamento quanto ao reconhecimento das várias classes / tipos de resíduos, e de como proceder nas várias fases de manejo e remoção dos resíduos de obra: <input type="checkbox"/> Sim; <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> ;                                  |
| <b>SEMANA 3</b> | Identificação das classes de funcionários que fazem esses transportes:<br>_____<br>_____  | Identificação dos vários equipamentos de acondicionamento inicial de resíduos nos pavimentos com respetiva identificação do tipo de resíduo para ele indicados (Exº: bombonas, bags, sacos de rafia, sacos plásticos, pequenas pilhas amontoadas no chão) e onde eles ficam colocados nos pavimentos:<br>_____<br>_____<br>_____<br>_____ |
| <b>SEMANA 3</b> | Identificação dos tipos de certificação que possui: <input type="checkbox"/> ISO 9.001; <input type="checkbox"/> ISO 14.000; <input type="checkbox"/> OHSAS 18.000; <input type="checkbox"/> PBQP-H; <input type="checkbox"/> AQUA HQE; <input type="checkbox"/> SELO AZUL DA C. ECON. FEDER; <input type="checkbox"/> LEED; <input type="checkbox"/> OUTRO   | Identificação das classes de funcionários responsáveis pelo acondicionamento inicial nos pavimentos, das várias classes/tipos de resíduos:<br>_____<br>_____  |

Figura 455 – Estudo-piloto, agenda de visitas de campo, Parte I (Fonte: o pesquisador, 2018)

|         | DIA 1  | DIA 2   |
|---------|--|---|
| SEMANA4 | Identificação de quais os equipamentos de transporte vertical até o térreo são usados para as várias classes / tipos de resíduos: Gruas para _____; Elevadores de carga para: _____; Guinchos para: _____; Dutos coletores para: _____ | Identificação da existência de cadastro, na empresa, de catadores/transportadores informais nas áreas próximas de suas obras: [ ] Sim; [ ] Não; |
| SEMANA4 | Identificação dos responsáveis por efetuar o mesmo (tipo de funcionário): _____  | Identificação da existência de cadastro, na empresa, de transportadores formais/caçambeiros nas áreas próximas de suas obras: [ ] Sim; [ ] Não; |
| SEMANA4 | Identificação do tipo de momentos da jornada de trabalho que são aproveitados para fazer esse transporte: _____  | Identificação da existência de cadastro, na empresa, das áreas de transbordo e triagem mais próximas de suas obras: [ ] Sim; [ ] Não;           |
|         | Verificação se a empresa promove reuso de certos resíduos em outros trabalhos: [ ] Sim; [ ] Não;   | Identificação da existência de cadastro, na empresa, de usinas de reciclagem de RCC Classe A mais próximas de suas obras: [ ] Sim; [ ] Não;     |
|         | Exemplos de reuso de resíduos em outros trabalhos: _____   | Identificação da existência de cadastro, na empresa, dos aterros sanitários mais próximos de suas obras: [ ] Sim; [ ] Não;                      |
| SEMANA4 |  | Identificação da existência de cadastro, na empresa, de usinas potenciais compradoras de seus resíduos: [ ] Sim; [ ] Não;                       |

Figura 456 – Estudo-piloto, agenda de visitas de campo, Parte II (Fonte: o pesquisador, 2018)

### 5.2.3 QUESTIONÁRIO

Já durante a etapa das visitas de campo, mas ainda numa fase inicial, e aproveitando uma ida da Gerente da Qualidade / Gerente de Processos Integrados da construtora à obra, foi-lhe distribuído um questionário cujo objetivo era não apenas o de caracterizar genericamente a empresa e sua estrutura de recursos humanos como ter uma primeira ideia de quais os procedimentos da construtora quanto às várias etapas de gerenciamento dos respectivos RCC gerados em canteiros verticais. A resposta ao questionário distribuído é a que consta nas figuras 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, e 468.



QUESTIONÁRIO

- 1 – Quantos anos de atuação a empresa tem: 7
- 2 – Número aproximado de funcionários: 71 (mais dois donos/sócios)
- 3 – Localização da matriz da construtora: São Carlos - SP
- 4 – Em que estados a empresa opera: São Paulo
- 5 – Em que cidades a empresa opera: São Carlos-SP, Araras-SP, Mococa-SP, Itapetininga-SP
- 6 – Em que cidades tem escritórios: São Carlos-SP
- 7 – Qual o total de funcionários da construtora, por categorias (aproximadamente):  
Almoxarife = 1; Analista contábil = 1; Analista de Recursos Humanos = 1; Analista Financeiro = 1; Auxiliar administrativo = 4; Assistente comercial = 2; Auxiliar de almoxarife = 1; Engenheiro auxiliar = 1; Auxiliar de marketing = 1; Auxiliar de recursos humanos = 1; Carpinteiro = 1; Contador = 1; Coordenador de criação e licenciamentos = 1; Engenheiro coordenador = 3; Coordenador de projeto e licenciamento = 1; Coordenador de higiene e segurança no trabalho = 1; Coordenador de suprimentos = 1; Coordenador de vendas = 2; Corretor de imóveis = 1; Diretor comercial = 1; Diretor de Engenharia = 1; Diretor financeiro = 1; Encarregado de manutenção = 1; Encarregado de obras = 3; Engenheiro auditor = 1; Engenheiro de planejamento = 1; Engenheiro Trainee = 4; Estagiário de engenharia = 6; Estagiário de higiene e segurança no trabalho = 1; Estagiário de suprimentos = 1; Gerente de Qualidade = 1; Mestre de obras = 1; Operador de elevador cremalheira = 2; Operador de máquinas = 2; Orçamentista = 1; Pedreiro = 3; Projetista = 1; Recepcionista = 1; Servente = 8; Supervisor de aprovações e licenciamentos = 1; Técnico de informática = 1; Técnico de higiene e segurança no trabalho = 1;

Figura 457 – Questionário, Parte I (Fonte: o pesquisador, 2018)

- 8 – Em quais segmentos de obras a empresa opera: Residencial
- 9 – Qual o peso aproximado das obras de edificações verticais no faturamento da empresa: 100%
- 10 – Quantas obras de edificação vertical estão em andamento neste momento: 5
- 11 – Em que cidades e quantas em cada cidade: São Carlos-SP (2); Araras-SP (1); Mococa-SP (1); Itapetininga-SP (1)
- 12 – Qual o número médio de pavimentos dessas obras: 10
- 13 – A empresa usualmente faz uma estimativa de geração de RCC (classes e tipos) para as suas obras: **NÃO**; (não o fazem previamente, têm um histórico muito recente de obras concluídas (5), e são obras heterogêneas (quatro delas eram residências em condomínios, uma era um edifício em estrutura convencional; a obra objeto do estudo-piloto é em alvenaria estrutural).
- 14 – Como fazem essa estimativa: **Não o fazem.**
- 15 – Como isso é levado em consideração nos orçamentos entregues aos clientes: somente os custos de limpeza e regularização dos terrenos são repassados para o cliente;
- 16 – A empresa controla/pesa sistematicamente o resíduo gerado (classes e tipos) nas suas obras: **NÃO**;
- 17 – Que planilhas usa para esse propósito e quem é responsável por guardar essas planilhas: o controle é estabelecido por volume, somente para resíduos classe A, gesso e madeira (com contaminação), e é feito através de planilhas eletrônicas específicas, inicialmente controlados esses registros pelo estagiário de Qualidade, em canteiro, e depois enviadas para a matriz da empresa;

Figura 458 – Questionário, Parte II (Fonte: o pesquisador, 2018)

- 18 – Seria possível providenciar uma dessas planilhas, mesmo que fosse não preenchida: **SIM**
- 19 – A empresa tem uma base de dados histórica sobre resíduos de construção civil gerados em edificações verticais completadas: **NÃO**;
- 20 – O pesquisador poderia ter acesso a essas quantidades de resíduos geradas em cada uma dessas obras: **—**;
- 21 – A empresa tem algum tipo de certificação: **SIM**;
- 22 – Que certificações possui: **ISO 9.001 e PBQPH – Nível A** ;
- 23 – Os funcionários da construtora recebem treinamento sobre gerenciamento de RCC em canteiro (reconhecimento de classes e tipos, quando estes devem ser triados/separados/segregados após geração, como cada tipo de resíduo gerado deve ser transportado horizontalmente nos pavimentos, que tipos de dispositivos de coleta devem ser usados nos pavimentos, a importância de pesá-los por tipo e registrar esses pesos, como transportar os diferentes tipos de resíduos gerados até o pavimento térreo, onde armazená-los no piso térreo): **NÃO**, os funcionários apenas têm palestras bem breves que lhes são ministradas durante reuniões semanais sobre higiene e segurança no trabalho, nas quais se fala muito rapidamente sobre gerenciamento de resíduos em obra;
- 24 – E os subempreiteiros, quando entram em obra, também recebem esse tipo de treinamento: **NÃO**;
- 25 – A empresa tem registros sobre quais os transportadores individuais autônomos de resíduos de construção civil disponíveis nas proximidades de suas obras: **NÃO**. A empresa faz isso posteriormente, nas prefeituras eles têm esse tipo de elementos;

Figura 459 – Questionário, Parte III (Fonte: o pesquisador, 2018)

- 26 – A empresa tem um registro de transportadores formais de caçambas disponíveis nas proximidades das obras onde atua: **NÃO**. Hno entanto, em São Carlos, costumam trabalhar com a empresa “Simão Disk Entulho”;
- 27 – A empresa tem um registro sobre áreas de transbordo e triagem (ATT’s) existentes nas proximidades das obras onde atua: **NÃO**;
- 28 – A empresa tem um registro de usinas de reciclagem de resíduos classe A existentes nas proximidades das obras onde atua: **SIM**. Em São Carlos costumam trabalhar com a empresa “AMX- Indústria e Comércio de Recicláveis, Ltda.”;
- 29 – A empresa tem um registro de indústrias (fundições, olarias, empresas que usem a madeira como fonte de energia, empresas que derretam e reusem plásticos, e outras) a quem possa vender seus respectivos resíduos nas proximidades das obras em que atua: **NÃO**; Excepcionalmente a empresa tem uma parceria com um ferro-velho nos arredores de São Carlos, ao qual vende resíduos metálicos;
- 30 – A empresa tem um registro de empresas vendedoras ou alugadoras de equipamentos de pequeno porte para reciclagem de resíduos em canteiro, existentes nas proximidades das obras em que atua: **NÃO**;
- 31 – As destinações de cada tipo de seus resíduos gerados em obra são controladas depois que estes saem do canteiro: Não de uma forma perfeita. No entanto, em São Carlos, a construtora trabalha com a referida empresa “AMX – Indústria e Comércio de Recicláveis”, que funciona tanto como usina de reciclagem de resíduos de classe A bem como aterro privado para esse tipo de materiais. Em Mococa a situação é ambientalmente muito má, já que a prefeitura permite o despejo dos resíduos em qualquer local, incluindo nas margens de rios. Em Itapetininga a empresa tem uma

Figura 460 – Questionário, Parte IV (Fonte: o pesquisador, 2018)

- outra parceria semelhante àquela que possui em São Carlos com a AMX, mas com outra empresa similar;
- 32 – Por meio de que documentos/guias/registros isso é feito: Por meio das CTR's;
- 33 – Quem é responsável por manter esses registros e para onde vão depois: TO Auxiliar de Qualidade, no canteiro de obra primeiro, e depois são enviados para o Departamento de Qualidade, na matriz da empresa;
- 34 – A empresa tem planilhas eletrônicas para estimar os custos de segregação / triagem, transporte horizontal (pavimentos), acondicionamento inicial, transporte vertical, armazenamento final em canteiro, e transporte para as várias infraestruturas de tratamento e destinação/disposição (ATT's, usinas de reciclagem de resíduos classe A, aterros de reservação de resíduos classe A, indústrias de reaproveitamento de resíduos, aterros sanitários): **NÃO**
- 35 – Nos seus canteiros, a empresa realiza reuso/reutilização de resíduos em outros trabalhos alternativos: **NÃO**
- 36 – Poderá fornecer alguns exemplos: -----
- 37 – A construtora usualmente recicla resíduos classe A em: nenhum canteiro de obra ( X ); alguns canteiros de obra ( ); em todos seus canteiros de obra ( );
- 38 – Qual critério usa quando decide fazer isso dentro do canteiro: Volume gerado ( - ); Distância às usinas de reciclagem ( - );
- 39 – Pelo volume gerado, recicla dentro do canteiro para volumes acima de: - m<sup>3</sup>; Pela distância às usinas de reciclagem, recicla dentro de canteiro para distâncias superiores a: - Km;
- 40 – A construtora vende parte de seus resíduos gerados (reciclados ou não): Apenas resíduos metálicos;

Figura 461 – Questionário, Parte V (Fonte: o pesquisador, 2018)

- 41 – Que tipos de resíduo e a quem: Ao ferro-velho com o qual tem uma parceria, em São Carlos;
- 42 – A empresa tem uma política ambiental que é transmitida aos seus funcionários: **NÃO**;
- 43 – A construtora toma em consideração as condições de vizinhança dos seus canteiros de obraantes de decidir como vai fazer o gerenciamento dos RCC gerados (em particular se vai reciclar resíduos dentro do canteiro ou não, e como reduzir impactos – ruído, poeiras e outros poluentes): **Mais ou menos**. A empresa faz um relatório de estudo de vizinhança, relativo aos impactos que a obra pode causar em obras e prédios vizinhos ao canteiro. Também realiza um EIV – Estudo de impacto de vizinhança. Preocupam-se com o impacto que as poeiras geradas no canteiro podem ter sobre a vizinhança, mas não em relação ao ruído. Respeitam a lei do silêncio;
- 44 – A construtora estabelece algum tipo de incentivo para os funcionários que se destaquem nos procedimentos de gerenciamento de RCC gerados dentro de canteiros de obra (segregação/triagem tão cedo quanto possível, transporte e acondicionamento de produtos intermediários corretamente efetuado, armazenamento final adequado, taxas de reutilização maiores, etc): **NÃO**.
- 45 – A empresa cumpre as legislações municipal e estadual sobre RCC, no que se refere aos seus canteiros de obra: **SIM**.
- 46 – São previamente definidos objetivos relativos a taxas de redução, reuso/reutilização e/ou de reciclagem para os RCC gerados em seus canteiros: **NÃO**.
- 47 – Para cada edificação vertical sua é claramente definida a responsabilidade de cada funcionário no que se refere aos procedimentos de gerenciamento dos RCC gerados em canteiro: **Mais ou menos**.

Figura 462 – Questionário, Parte VI (Fonte: o pesquisador, 2018)

- 48 – A empresa usualmente procede à logística reversa de resíduos gerados: **NÃO**
- 49 – Para que tipo de resíduo procede à respectiva logística reversa: -----
- 50 – Poderia referir a quem são devolvidos os vários tipos de resíduos sujeitos a logística reversa à medida que é realizada: -----
- 51 – A empresa tem comprovantes dessas devoluções: **NÃO**
- 52 – A empresa usa um layout típico nas suas obras no que se refere à colocação dos seus dispositivos/equipamentos de transporte vertical em relação aos dispositivos de armazenamento final no térreo, ou isso varia muito entre cada um dos canteiros de edificações verticais: Varia de canteiro para canteiro;
- 53 – No caso de usar um layout típico quanto à disposição relativa entre estes equipamentos, poderia ser fornecido: -----
- 54 – Os projetos são já concebidos com a preocupação de redução da geração de resíduos: **NÃO**
- 55 – Como isso é feito: -----
- 56 – Que tipos de equipamentos a edificação vertical usa para transportar horizontalmente (nos pavimentos) os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: carrinho de mão; II - Pequenos pedaços de madeira: carrinho de mão; III - Grandes pedaços de madeira: Manualmente; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: carrinho de mão; V - restos de sacos plásticos: Manualmente; VI - Restos de gesso projetado: em sacos de cimento vazios; VII - Placas de gesso cartonado: Manualmente; VIII - Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: carrinho de mão; IX - Restos de papéis e papelões: em sacos de cimento vazios ou manualmente; X - Restos de poliestireno: em sacos de cimento vazios ou manualmente; XI - Restos de uniformes não

Figura 463 – Questionário, Parte VII (Fonte: o pesquisador, 2018)

- contaminados, botas e esparadrapos: Manualmente; XII - Serradura: em sacos de cimento vazios; XIII - Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pincéis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): Manualmente, com luvas; XIV - Restos de telas de proteção e de fachada: carrinho de mão ou manualmente; XV - restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: em sacos plásticos; XVI - Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII - Óleos e gorduras alimentares: Não existem; XVIII - Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX - Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: Manualmente, com luvas;
- 57 – Nos canteiros de edificações verticais da empresa são usualmente utilizadas bombonas para acondicionamento inicial nos pavimentos: **NÃO**
- 58 – Onde são colocadas: -----
- 59 – Como são acondicionados inicialmente nos pavimentos os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: num caixotão de madeira, próximo ao elevador-cremalheira; II - Pequenos pedaços de madeira: Em pequenas pilhas, junto ao elevador-cremalheira; muitas vezes contaminados com resíduos de classe A, num caixotão de madeira, próximo ao elevador-cremalheira; III - Grandes pedaços de madeira: em pilhas, junto ao elevador-cremalheira; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: muitas vezes contaminados com resíduos de classe A, num caixotão de madeira, próximo ao elevador-cremalheira; V - restos de sacos plásticos: Em sacos de cimento vazios, junto ao elevador-cremalheira; muitas vezes contaminados com resíduos de classe A, num caixotão de madeira, próximo ao elevador-cremalheira; VI - Restos de gesso

Figura 464 – Questionário, Parte VIII (Fonte: o pesquisador, 2018)

projetado: em sacos de cimento vazios, junto ao elevador-cremalheira; VII – Placas de gesso cartonado: Em pilhas, junto ao elevador-cremalheira; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: Num caixotão de madeira, junto ao elevador-cremalheira; IX – Restos de papéis e papelões: em sacos de cimento vazios, junto ao elevador-cremalheira; X – Restos de poliestireno: em sacos de cimento vazios ou em pilhas, junto ao elevador-cremalheira; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: Em pilhas, junto ao elevador-cremalheira; XII – Serradura: em sacos de cimento vazios, junto ao elevador-cremalheira; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): em pilhas, junto ao elevador-cremalheira; XIV – Restos de telas de proteção e de fachada: em pilhas, junto ao elevador-cremalheira; muitas vezes contaminados com papéis e papelões; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: em sacos plásticos, junto ao elevador-cremalheira; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: Não existem; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: Numa pilha, junto ao elevador-cremalheira;

60 – Como (com que equipamento) são verticalmente transportados até o piso térreo os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: com o elevador-cremalheira; II - Pequenos pedaços de madeira: com o elevador-cremalheira; III – Grandes pedaços de madeira: com o elevador-cremalheira; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: com o elevador-

Figura 465 – Questionário, Parte IX (Fonte: o pesquisador, 2018)

cremalheira; V – restos de sacos plásticos: com o elevador-cremalheira; VI - Restos de gesso projetado: numa pallette, com o elevador-cremalheira;

VII – Placas de gesso cartonado: com o elevador-cremalheira; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: com o elevador-cremalheira; IX – Restos de papéis e papelões: com o elevador-cremalheira; X – Restos de poliestireno: com o elevador-cremalheira; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: com o elevador-cremalheira; XII – Serradura: com o elevador-cremalheira; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): com o elevador-cremalheira; XIV – Restos de telas de proteção e de fachada: com o elevador-cremalheira; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: com o elevador-cremalheira; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: Não existem; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: com o elevador-cremalheira;

61 – Como (com que dispositivos) são armazenados no piso térreo os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: em caçambas; II - Pequenos pedaços de madeira: em caçambas, muitas vezes contaminados com resíduos classe A; III – Grandes pedaços de madeira: Em caçambas exclusivas para esse tipo de material; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: em caçambas, muitas vezes contaminados com resíduos classe A; V – restos de sacos plásticos: em caçambas, muitas vezes contaminados com resíduos classe A; VI - Restos de gesso projetado: Em caçambas exclusivas para esse tipo de material; VII

Figura 466 – Questionário, Parte X (Fonte: o pesquisador, 2018)

– Placas de gesso cartonado: em caçambas, muitas vezes contaminados com resíduos classe A; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: em caixotões de madeira, esperando serem coletados pelo funcionário do ferro-velho; IX – Restos de papéis e papelões: em pilhas, muitas vezes contaminados com telas de fachada e telas de proteção; X – Restos de poliestireno: em caçambas, muitas vezes contaminados com resíduos classe A; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: em uma pilha; XII – Serradura: em caçambas, muitas vezes contaminados com resíduos classe A; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): em uma pilha; XIV – Restos de telas de proteção e de fachada: em pilhas, muitas vezes contaminados com papéis e papelões; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: em sacos plásticos, esperando a coleta pública; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: Muitas vezes são jogados nas canalizações/tubulações, outras vezes são coletados dentro de garrafas plásticas, em sacos plásticos, esperando a coleta pública; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: em uma pilha;

**62** – Qual é a destinação/disposição final dos seguintes resíduos gerados dentro do canteiro de obra vertical: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: "AMX- Indústria e Comércio de recicláveis, Ltda."; II - Pequenos pedaços de madeira: "AMX- Indústria e Comércio de recicláveis, Ltda."; III – Grandes pedaços de madeira: são oferecidos a uma entidade privada que os vem coletar dentro do canteiro de obra; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: "AMX-

Figura 467 – Questionário, Parte XI (Fonte: o pesquisador, 2018)

Indústria e Comércio de recicláveis, Ltda."; V – restos de sacos plásticos: "AMX- Indústria e Comércio de recicláveis, Ltda."; VI - Restos de gesso projetado: são vendidos a uma entidade privada; VII – Placas de gesso cartonado: "AMX- Indústria e Comércio de recicláveis, Ltda."; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: o ferro-velho; IX – Restos de papéis e papelões: por vezes são reusados de novo para acondicionar/coletar materiais/resíduos; X – Restos de poliestireno: "AMX- Indústria e Comércio de recicláveis, Ltda."; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: desconhecido; XII – Serradura: "AMX- Indústria e Comércio de recicláveis, Ltda."; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): desconhecido; XIV – Restos de telas de proteção e de fachada: muitas vezes são reutilizadas de novo; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: coleta pública pelo serviço municipal; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: por vezes as canalizações/tubulações, outras a coleta pública pelo serviço municipal; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: desconhecido; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: desconhecido

Figura 468 – Questionário, Parte XII (Fonte: o pesquisador, 2018)



## 5.2.4 OBSERVAÇÃO DIRETA SEM INTERVENÇÃO

### 5.2.4.1 ETAPAS DE MANEJO DAS DIFERENTES CLASSES E TIPOS DE RESÍDUOS (triagem/segregação; transporte horizontal nos pavimentos; acondicionamento nos pavimentos; transporte vertical para o térreo; transporte horizontal no térreo; armazenamento final no térreo; remoção e transporte para fora do canteiro)

Esta etapa da pesquisa teve como preocupação registrar sem intervir. Ou seja, não interferir com os procedimentos de manejo de resíduos da construtora, até para que depois fosse mais fácil elaborar um diagnóstico da situação sobre o mesmo, sobre o qual havia o compromisso de que ele fosse entregue aos responsáveis da construtora. Foram feitos diversos registros fotográficos, alguns dos quais são organizados e mostrados nos itens seguintes.

#### 5.2.4.1.1 CLASSE A (Cimentícios e cerâmicos; solos)

As fotos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 a seguir mostram as etapas atrás referidas para este tipo de materiais. Pelas mesmas já é possível notar que mesmo para este tipo de resíduos existe alguma contaminação com resíduos de outras classes.



Foto 1 – (esqu.): Cimentícios e cerâmicos (classe A), segregação/triagem inicial; Foto 2 - (centro): Cimentícios e cerâmicos (classe A), transporte horizontal nos pavimentos; Foto 3 - (dir): Cimentícios e cerâmicos (classe A), acondicionamento nos pavimentos (Fonte: o pesquisador, 2018)



Foto 4 – (esq.): Cimentícios e cerâmicos (classe A), transporte vertical para o térreo; Foto 5 - (centro): Cimentícios e cerâmicos (classe A), transporte horizontal e armazenamento final no térreo; Foto 6 – (dir): Cimentícios e cerâmicos (classe A), remoção e transporte para fora do canteiro (Fonte: o pesquisador, 2018)

#### 5.2.4.1.2 CLASSE B (Gesso; Madeira; Metais; Plásticos; Papeis e papelões; Vidros)

**Gesso** - As fotos 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13 a seguir mostram as etapas atrás referidas para o gesso (classe B). De notar que a remoção e transporte para fora de canteiro deste material é feita de forma semelhante à dos materiais de classe A.



Foto 7 – (esq.): Gesso (classe B), segregação/ triagem inicial; Foto 8 - (centro): Gesso (classe B), acondicionamento inicial nos pavimentos; Foto 9 – (dir): Gesso (classe B), transporte horizontal nos pavimentos (Fonte: o pesquisador, 2018)





Foto 10 – (esqu.): Gesso (classe B), acondicionamento intermediário; Foto 11 - (centro): Gesso (classe B), instante do transporte vertical para o térreo; Foto 12 – (dir): Gesso (classe B), transporte horizontal no térreo (Fonte: o pesquisador, 2018)



Foto 13 – Gesso (classe B), armazenamento final no térreo (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Madeira (grossa)** - As fotos 14, 15, e 16 a seguir mostram algumas das etapas atrás referidas para as madeiras grossas (classe B).



Foto 14 - (esq.): Madeira grossa (classe B), triagem/segregação inicial; Foto 15 – (dir): Madeira grossa (classe B), armazenamento final no térreo (Fonte: o pesquisador, 2018)



Foto 16 – Madeira grossa (classe B), instante de remoção e transporte para fora do canteiro (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Metais** - As fotos 17 e 18 a seguir mostram algumas das etapas atrás referidas para os resíduos metálicos (classe B).

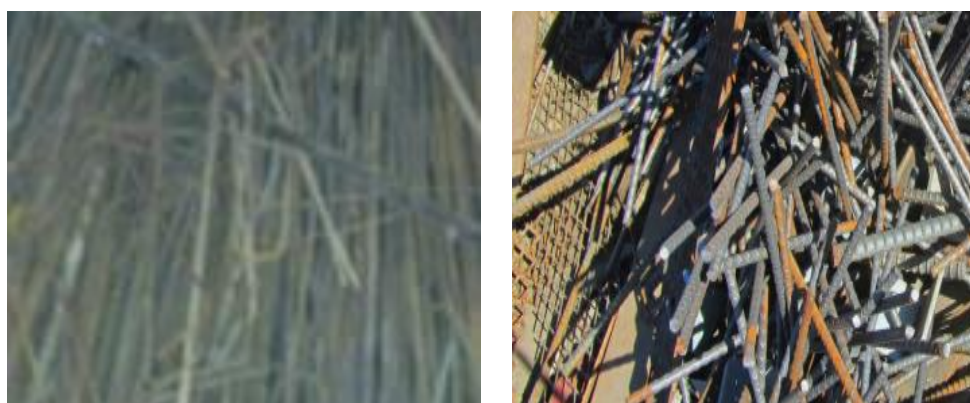


Foto 17 - (esq.): Metais (classe B), triagem/segregação inicial; Foto 18 – (dir): Metais (classe B), armazenamento final no térreo (Fonte: o pesquisador, 2018)



**Papeis e papelões** - A foto 19 a seguir mostra-nos o armazenamento final de papeis e papelões no piso térreo (com alguma contaminação de materiais de outros tipos).



Foto 19 – Papeis e papelões (classe B), armazenamento final no piso térreo (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Materiais plásticos** - As fotos 20 e 21 a seguir mostram algumas das etapas atrás referidas para os resíduos de materiais plásticos (classe B).



Foto 20 - (esq.): Materiais plásticos (classe B), acondicionamento intermediário nos pavimentos (contaminados com pontas de aço); Foto 21 – (dir): Materiais plásticos (classe B), armazenamento final no térreo, contaminados com materiais de outros tipos (Fonte: o pesquisador, 2018)

**Vidros** – Nas etapas de trabalho em que as três torres de edifícios se encontravam na época do estudo-piloto efetuado, não se descortinou a produção de resíduos de vidro em canteiro.

### 5.2.4.1.3 CLASSES C e D

Não ficou clara a forma como a construtora gerenciava estas classes de resíduos, fosse porque os respectivos volumes gerados não fossem significativos, fosse porque não foi possível descortinar os respectivos fluxos no canteiro de obra alvo do estudo-piloto.

### 5.2.4.2 DOCUMENTAÇÃO E REGISTROS DA EMPRESA ALVO DO ESTUDO – PILOTO

Durante o estudo-piloto, foi possível ter acesso a alguns documentos e registros da construtora relacionados com o gerenciamento dos RCC nos seus canteiros de edificações verticais, sendo que alguns exemplos se apresentam nos itens seguintes.

#### 5.2.4.2.1 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PGRS)

A construtora solicitou a consultoria de uma empresa externa para a elaboração do referido documento, e a obra/empreendimento possuía o mesmo, sendo que um excerto do mesmo são apresentados nas figuras 469, 470 e 471.

##### 5.1. Considerações Gerais

A construção civil é conhecida com uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e, por outro lado, comporta-se ainda, como grande geradora de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, seja pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos.

Desta forma, a Construtora e Incorporadora ..... que atua no setor de empreendimentos imobiliários tem consciência de sua responsabilidade no que diz respeito à questão ambiental. Assim sendo, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) deste empreendimento contempla as diretrizes de segregação/separação, coleta, acondicionamento, armazenamento, transporte e destinação final para cada tipo de resíduo gerado durante e após a execução das obras.

##### 5.2. Caracterização e Segregação dos Resíduos na Fonte Geradora

Os resíduos sólidos são classificados de formas distintas (natureza, origem, grau de periculosidade, entre outras), as quais se baseiam em determinadas características ou propriedades. Assim, a classificação é bastante relevante para a escolha da estratégia de gerenciamento mais viável.

##### • Durante a execução das Obras (instalação)

Para a execução das edificações será necessário a instalação de Canteiro de Obras, que será localizado dentro da área do empreendimento (Figura 5.1), defronte a Avenida Gregório Aversa. (Figura 5.2).

Na área também serão instalados contêineres metálicos destinados a sanitários e vestiários para os funcionários da obra e construído Refeitório.

É importante mencionar que a edificação existente abrigará Almoxarifado, Salas de Engenharia, Segurança e Administração, Banheiro e Cozinha.

Figura 469 – Excerto do PGRS da obra objeto de estudo-piloto, Parte I (Fonte: o pesquisador, 2018)

### 5.3. Coleta, Acondicionamento e Armazenamento dos Resíduos Sólidos.

Após a segregação dos resíduos no local de origem, a coleta deve ser realizada em consonância com as orientações normativas e legais vigentes, por tipo de resíduo gerado no local.

- **Durante a execução das Obras (Instalação)**

Para o acondicionamento e armazenamento dos resíduos de construção civil, “o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que se torne possível, as condições de reutilização e de reciclagem”, conforme disposto no artigo 9º da Resolução CONAMA nº448/2012.

De acordo com o inciso XV do artigo 3º da Lei Municipal 13.867/2006, os resíduos de construção civil e volumosos podem ser coletados por “dispositivos utilizados para a coleta e posterior transporte de resíduos, tais como caçambas metálicas estacionárias, caçambas basculantes instaladas em veículos autopropelidos, carrocerias para carga seca, incluídos os veículos utilizados no transporte do resultado e movimento de terra”.

Desta forma, durante a execução das obras deverá haver na área do empreendimento caçambas para armazenamento temporário de resíduos de construção e demolição. No local de posicionamento das caçambas devem ser implantadas placas informativas sobre os resíduos que podem ser depositados em cada caçamba, a fim de orientar os funcionários para o descarte correto por Classe dos Resíduos (Classes A e B) conforme detalhe no Anexo A e ilustração na Figura 5.4

Figura 470 – Excerto do PGRS da obra objeto de estudo-piloto, Parte II (Fonte: o pesquisador, 2018)

Como se trata da implantação de condomínio residencial foi previsto o posicionamento de caçambas defronte a lotes, ou seja, as caçambas não serão posicionadas em lugares fixos.

Assim, é possível que em função do avanço das obras a caçambas serão realocadas no interior do empreendimento (canteiro de obras).

Segundo estimativas de técnicos da Construtora e Incorporadora . . . . ., para execução de cada área construída é gerado de resíduos 150 kg, de acordo com a área construída de 14.698,90 m<sup>2</sup>.

E considerando que a geração de Resíduos Classe B é substancialmente inferior aos Resíduos Classe A e a proposta deste Plano para segregação dos resíduos por classe, propõe-se a utilização de:

- 11 (onze) caçambas de 8 m<sup>3</sup> por mês para resíduos Classe A.
- 1 (uma) caçamba de 5m<sup>3</sup> por mês para resíduos Classe B.

A Figura 5.6. apresenta ilustração genérica da proposta.

Figura 471 – Excerto do PGRS da obra objeto de estudo-piloto, Parte III (Fonte: o pesquisador, 2018)

### 5.2.4.2.2 FICHAS DE CONTROLE DE TRANSPORTE E RECEBIMENTO DE RESÍDUOS

A construtora também usava no canteiro de obra objeto de estudo-piloto. As figuras 472 e 473 apresentam exemplos das mesmas, para resíduos de gesso e para resíduos de classe A.

| AMTX AMBIENTAL<br>Ind. e Com. de Resíduos |  | CTR - Controle de Transporte de Resíduos |                      |
|---|--|--|----------------------|
| Informações do gerador                    |  |  |                      |
| Nome                                      | CPF ou CNPJ  |  |                      |
| Endereço da retirada                      |  |  |                      |
| Data da retirada                          | 21/06/2018   |  |                      |
| Volume / Tipo de resíduo                  |  |  |                      |
| m3  | Tipo "C" - Gesso, telha fibrocimento/amiante em qualquer quantidade. |  |                      |
| Informações do transportador              |  |  |                      |
| Razão Social                              | CNPJ   | 09.122.387/0001-23                       |                      |
| Motorista                                 | CLAUDIO  | Veículo/Placa                            | VW 13.180 / DTW-7225 |
| Assinaturas / carimbos                    |  |  |                      |
| Gerador                                   | Transportador  | SIMÃO DISK ENTULHO                       |                      |
| Ass. do destinatário                      | Data de disposição   | 21/06/18                                 | Horário              |

Av. Ayrton Salvador Leopoldino Jr., 42 - Chácara das Flores - CEP: 13570-829 - São Carlos - SP  
 Tel: (16) 9296-8383 / 8126-9171 / 8126-9211 - E-mail: a-ten@amxambiental.com.br  
 www.amxambiental.com.br

Figura 472 – Exemplo de ficha do tipo CTR usada na obra objeto de estudo-piloto – resíduos de gesso (Fonte: o pesquisador, 2018)

| AMTX AMBIENTAL<br>Ind. e Com. de Resíduos |   | CTR - Controle de Transporte de Resíduos |                      |
|---|---|--|----------------------|
| Informações do gerador                    |   |  |                      |
| Nome                                      | CPF ou CNPJ   |  |                      |
| Endereço da retirada                      |   |  |                      |
| Data da retirada                          | 01/06/2018  |  |                      |
| Volume / Tipo de resíduo                  |   |  |                      |
| m3  | TIPO "A" - Alvenaria, cerâmica, placas de concreto de pequeno porte entulho, solo, areia. |  |                      |
| Informações do transportador              |   |  |                      |
| Razão Social                              | CNPJ  | 09.122.387/0001-23                       |                      |
| Motorista                                 | CLAUDIO   | Veículo/Placa                            | VW 13.180 / DTW-7225 |
| Assinaturas / carimbos                    |   |  |                      |
| Gerador                                   | Transportador   |  |                      |
| Ass. do destinatário                      | Data de disposição  | 01/06/18                                 | Horário              |

Av. Ayrton Salvador Leopoldino Jr., 42 - Chácara das Flores - CEP: 13570-829 - São Carlos - SP  
 Tel: (16) 9296-8383 / 8126-9171 / 8126-9211 - E-mail: a-ten@amxambiental.com.br  
 www.amxambiental.com.br

Figura 473 – Exemplo de ficha do tipo CTR usada na obra objeto de estudo-piloto – resíduos classe A (Fonte: o pesquisador, 2018)

### 5.2.4.2.3 PLANILHAS ELETRÔNICAS DE CONTROLE DE RESÍDUOS GERADOS EM OBRA

A construtora usava ainda no referido canteiro planilhas eletrônicas de controle **por volume** dos resíduos gerados em obra. Referir no entanto em relação a essas planilhas que, mesmo volumétrico, esse controle não era muito eficiente, visto que “entulho” correspondia a caçambas com contaminação de resíduos classe A misturados com resíduos



de outras classes. As figuras 474 e 475 apresentam dois exemplos desse tipo de planilhas eletrônicas.

| Data de Entrada | Fornecedor | Nota de Remessa | Data de Saída | Nota Fiscal | Volume da Caçamba | Comprovante de descarte do aterro | Tipo    |
|-----------------|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|---------|
| 01/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 10/08/2018    |             | 5m³               |                                   | GESSO   |
| 01/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 02/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 01/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 02/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 02/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 06/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 02/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 06/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 06/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 07/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 06/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 07/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 07/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 08/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 07/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 08/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 08/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 10/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 08/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 10/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 17/08/2018    |             | 5m³               |                                   | GESSO   |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 27/08/2018    |             | 5m³               |                                   | GESSO   |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 10/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 13/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 13/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 10/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 13/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 13/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 16/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 16/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 17/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 16/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 17/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 16/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 20/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 16/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 20/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 16/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 20/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 17/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 20/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 17/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 20/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |
| 17/08/2018      | SIMÃO      | NA              | 20/08/2018    |             | 5m³               |                                   | Entulho |

Figura 474 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra objeto de estudo-piloto, exemplo 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| A               | B          | C               | D             | E           | F                 | G                                 | H       |
|-----------------|------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|---------|
| Data de Entrada | Fornecedor | Nota de Remessa | Data de Saída | Nota Fiscal | Volume da Caçamba | Comprovante de descarte do aterro | Tipo    |
| 02/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 10/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | GESSO   |
| 02/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 10/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 02/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 10/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 10/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 12/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 10/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 12/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 10/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 18/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | GESSO   |
| 12/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 12/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 16/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 16/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 18/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 16/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 18/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 18/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 23/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 18/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 23/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 18/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 27/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | GESSO   |
| 23/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 27/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 23/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 27/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 27/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 01/08/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | GESSO   |
| 27/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 30/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 27/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 30/07/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 30/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 01/08/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |
| 30/07/2018      | SIMÃO      | NA              | 01/08/2018    | 2367        | 5m³               | OK                                | Entulho |

Figura 475 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra objeto de estudo-piloto, exemplo 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

#### 5.2.4.2.4 PROJETO DE CANTEIRO

A construtora possuía também projeto de canteiro elaborado para a obra. No entanto o mesmo foi-nos fornecido em formato PDF e sem possibilidade de ser editado. A figura 476 pretende apresentar o mesmo de uma forma legível, o que não se afigura fácil.

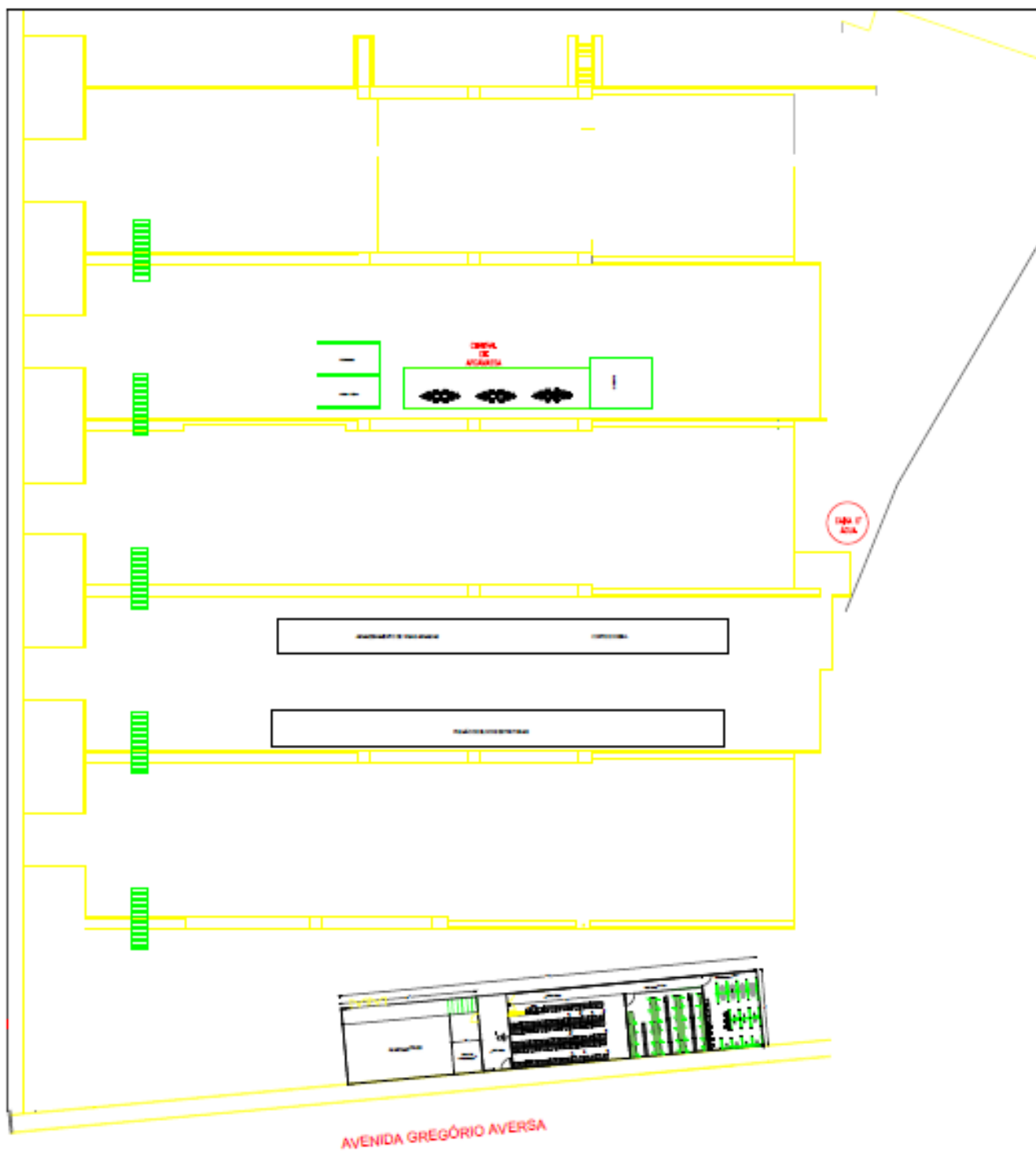


Figura 476 – Projeto de canteiro da obra objeto de estudo-piloto (Fonte: o pesquisador, 2018)



## 5.2.5 DIAGNÓSTICO SOBRE O GERENCIAMENTO DE RCC NO CANTEIRO OBJETO DE ESTUDO-PILOTO

Após a etapa de observações diretas sem intervenção nos procedimentos de gerenciamento de RCC em canteiro, foi possível elaborar um diagnóstico sobre os mesmos, o qual foi entregue aos responsáveis da empresa, e se reproduz a seguir.

“.....**Introdução:** Uma breve introdução para falar de alguns aspetos que, não tendo diretamente a ver com gerenciamento de resíduos, parte deles acabam estando correlacionados. Assim, o grau de limpeza e organização do canteiro é francamente bom. Dessa forma, são visíveis aspectos como:

- lixeiras localizadas em vários pontos do canteiro, para depósito de pequenos objetos como restos de comida, copos plásticos vazios e outros, além das áreas de vivência;
- Área específica para permanência de fumantes;



Foto 22 (esqu.) - Lixeiras colocadas em pleno local dos trabalhos; Foto 23 (dir.) – Área específica para fumantes (Fonte: o pesquisador)

- Zonas de estocagem de materiais de materiais perfeitamente definidas/delimitadas, e com os respectivos materiais bem identificados;



Fotos 24 (esqu.) e 25 (dir.) - Zonas de estocagem de materiais perfeitamente definidas/delimitadas, e com os respectivos materiais bem identificados (Fonte: o pesquisador)

- Boa organização e limpeza do refeitório;
- O estado de limpeza dos pavimentos após remoção dos resíduos é perfeito;



Foto 26 – Limpeza perfeita dos pisos após remoção dos resíduos (Fonte: o pesquisador)

A nível da segurança do trabalho notou-se uma boa organização também, com aspectos tais como:

- Completa aderência ao uso dos EPI's por parte dos funcionários;
- Os funcionários que coletam resíduos/entulhos nas bandejas andam munidos de cintos de segurança anti-queda;



Foto 27 – Uso de cinto de segurança/linha de vida na coleta dos entulhos nas bandejas (Fonte: o pesquisador)

- Caminhos de circulação de veículos e de pessoas perfeitamente delimitados e sinalizados;



Foto 28 – Caminho de circulação de pessoas perfeitamente definido (Fonte: o pesquisador)

- Elementos de proteção contra quedas e depressões/valas/escavações para fundação;
- Proteções metálicas anti-queda no perímetro exterior no levantamento das paredes externas de alvenaria estrutural;
- Proteções nas cabeças dos varões de aço para que os funcionários possam não se ferir nas mesmas;
- Outros.



Foto 29 (esq.) - Elementos de proteção contra quedas e depressões/valas/escavações para fundação; Foto 30 (dir.) - Proteções metálicas anti-queda no perímetro exterior, no levantamento das paredes de alvenaria estrutural (o pesquisador)

- São visíveis ainda elementos de gestão visual de fornecedores e subempreiteiros, uma ferramenta “lean”, o que achamos bem interessante, revelador de transparência no seu relacionamento para com estes.



Fotos 31 (esq.) e 32 (dir.) – Quadro de gestão visual de fornecedores, e de subempreiteiros, à entrada da obra(Fonte: o pesquisador)

### ETAPAS E ASPECTOS DIRETAMENTE RELACIONADOS COM O GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIRO:

PREÂMBULO: Antes de mais é extremamente importante afirmar que o que se segue não pretende ser uma crítica nem à empresa, nem a nenhum dos Eng<sup>os</sup> do canteiro

analisado (que já têm que se preocupar com muitas outras questões), responsáveis da Qualidade e demais intervenientes no gerenciamento, seja direta ou indiretamente. Gostaria-se sim, que o que a seguir se escreve fosse entendido como uma contribuição eventual para a melhoria dos procedimentos de gerenciamento de resíduos em obra. Tem-se a convicção que a situação de gerenciamento que se fosse encontrar na esmagadora maioria de canteiros de obra de outras quaisquer empresas teria as mesmas falhas/problemas, quem sabe maiores ainda. E não é de se deixar de considerar, além disso, que se vivencia um momento de transição, de evolução, em que se passou de de uma situação em que “nada era cobrado”/exigido quanto ao gerenciamentos dos RCC em canteiro, para uma outra agora em que já existe todo um dispositivo normativo-legal muito mais exigente que há cerca de 15 anos atrás. Solicitam-se pois a vossa própria contribuição, no sentido de tentar tornar o trabalho/diagnóstico produzido melhor.

- Ao que foi possível apurar, não se faz metodicamente uma estimativa das quantidades de resíduos que se espera que venham a ser gerados em obra, nem por classes de resíduos;

- Ao que se julga saber, e ainda na fase de projeto, não existe uma preocupação específica em adoptar ou conceber soluções que se preocupem explicitamente com a diminuição das quantidades de resíduos a serem geradas, posteriormente, na fase de execução da obra;

- Não existe uma caracterização das quantidades efetivamente geradas por classes de resíduos, de acordo com a resolução Conama nº 307 e suas posteriores revisões; o que existe é um controle volumétrico de entulhos, gessos, e madeiras GROSSAS, sendo que os entulhos se apresentam com contaminação.

- Não existe geração significativa de resíduos de vidro em obra;

- O controle da geração de resíduos é volumétrico (por caçambas de 5m<sup>3</sup> cada), e não por peso.

- A segregação dos resíduos não é completamente satisfatória, visto que são recorrentes/ comuns misturas de resíduos de classes diferentes (Conama nº 307 e suas revisões). Assim, misturam-se resíduos de classes A (restos de argamassas, concretos, cerâmicos) com resíduos de classe B (metais, plásticos e papelões, por ex<sup>o</sup>).





Foto 33 – Contaminação de resíduos de Classe A com resíduos Classe B (Fonte: o pesquisador)

- O instante de triagem/segregação dos resíduos, não sendo imediato após a geração, é pouco tempo depois disso. Assim, os resíduos vão sendo triados/segregados/separados, e transportados horizontalmente nos pisos por ajudantes, e transportados/conduzidos ao piso térreo através de elevador cremalheira, sempre que um intervalo nos trabalhos assim o permita. Havendo contaminação entre resíduos de classe A (restos de materiais cimentícios e cerâmicos passíveis de serem reciclados), com materiais plásticos rígidos (pontas de tubulações e outros), pontas de aço, pequenos pedaços de madeira, julga-se que isso será por uma de duas razões: ou a empresa acha que os custos de mão-de-obra para proceder á triagem/segregação são superiores ao que a eventual revenda dessa madeira, metal, e plástico lhe proporcionaria de receita, ou simplesmente porque não acha que sejam passíveis de revenda.

Os resíduos de gesso são triados/segregados com vassoura, acondicionados em sacos de papelão/sacos de cimento vazios, e transportados horizontalmente nos pavimentos de forma manual, pelos funcionários, sendo depois acondicionados num caixotão próximo do elevador cremalheira, sendo esse caixotão carregado para o interior do elevador cremalheira por porta-palettes, e conduzido ao térreo, conforme jámostrado em fotos anteriores do texto da presente tese.

- Existe preocupação de segregação de papeis e papelões mas já ao nível do piso térreo, ainda que com alguma contaminação com filmes de material plástico também (foto já apresentada no texto da tese).

- Os resíduos de classe A, embora misturados com pequenos pedaços de madeira (classeB), pregos (classeB), pequenas pontas e aço (classeB) e pontas de plástico rígido (classeB) são transportados horizontalmente nos pisos por carreola/jerica/carrinho de mão, e acondicionados num caixotão de madeira que fica esperando o respetivo transporte até o térreo, através do elevador cremalheira, equipamento de transporte vertical interno por excelência.

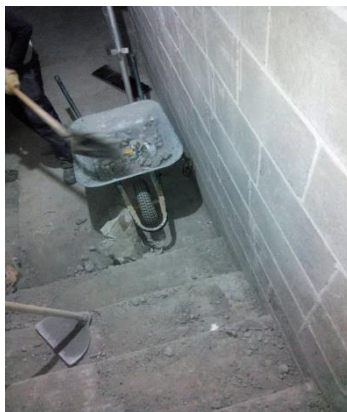


Foto 34 – Transporte horizontal dos RCC Classe A, com contaminação, e ao nível dos pavimentos, por carreola/jerica/carrinho de mão (Fonte: pesquisador)

- **Não existem dispositivos de acondicionamento intermediário nos pisos, do tipo bombonas** (recipientes plásticos de 50 litros identificados por cores para separação de madeiras de menores dimensões, plásticos, metais, vidros e papéis/papelões) por isso esses materiais acabam sendo misturados com os resíduos de classe A. O que existe são caixotões de madeira para acondicionamento de entulhos (resíduos de classe A, mas com contaminação). Os gessos são acondicionados intermediariamente em sacos de cimentos vazios.

- Por uma questão de opção clara (para não emanar particulado proveniente do gesso, da gipsita, que se prolifera no ar e é bastante prejudicial à saúde dos funcionários, e outras poeiras de resíduos para a vizinhança da obra), a empresa decidiu não usar dutos/coletores verticais para condução dos resíduos de classe A (restos de materiais cimentícios ou cerâmicos) até caçambas estacionadas no térreo, optando por transportá-los verticalmente por elevador cremalheira. Trata-se de uma solução que, apesar de onerar essa etapa em termos de utilização de equipamentos e mão de obra, é de grande vantagem ambiental e social, no relacionamento com a circunvizinhança da obra.

- No térreo, os resíduos de classe A misturados com outros resíduos, são transportados até armazenamento final em caçambas, por carreolas/jericas/carrinhos de mão, ou por equipamento tipo “bob-cat”, e jogados deste para as caçambas manualmente.

- Já o gesso, começa por ser transportado no térreo por “bob-cat” até às respectivas caçambas, para armazenamento final, ficando o respectivo caixotão esperando no chão, até que os sacos de gesso são despejados para dentro das caçambas manualmente.

- A empresa controla o transporte e destinação final dos seus resíduos por CTR (fichas de controle de transporte e recebimento).

- A destinação final é um aterro privado nas proximidades da cidade. No entanto, julga-se ser possível afirmar que o controle do destino final dos vários tipos de resíduos é relativo, porque não se tem a certeza definitiva de qual o encaminhamento que o dono do aterro privado dá a cada uma das classes, **o que poderá abrir possibilidade do construtor poder vir a ser co-responsabilizado por essa destinação** (ver artigo 27, parágrafo 1º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010, de 02 de Agosto de 2010)

- Para além das caçambas para os entulhos (classe A com contaminação), caçambas para o gesso, e caçambas para a madeira grossa, não se vislumbram outros tipos de dispositivos de armazenamento final no térreo (como bags ou baias de madeira, por exemplo). Assim, parte dos materiais (boa parte de madeiras e aço, por exemplo), acabam sendo objeto de armazenamento final a céu aberto, o que no caso das madeiras julgamos ser desvantajoso, pois o empenamento dificulta qualquer tipo de reaproveitamento por reuso em outros trabalhos.

- A empresa paga pelo descarte quer de madeiras quer de metais. Não os revende. Na verdade considera que não haveria interessados na compra desses materiais na proximidade do local de obra; talvez por isso o fato de aparecerem misturados (contaminados) madeiras de pequenas dimensões, junto com materiais plásticos rígidos, junto com metais, e outros; não comercializa resíduos de papelão nem de plástico também. **No entanto, existem nas imediações de São Carlos, empresas que compram esses tipos de materiais, como sejam a São Carlos SA, Indústria de Papel e Embalagens, ou a Global Pet Reciclagem.**

- Ao que fomos informados pelos Eng<sup>o</sup>s Coordenador e Eng<sup>o</sup> Gestor de Obra, a empresa aproveita reuniões de Diálogo Semanal de Segurança, para dar algum treinamento sobre manejo/gerenciamento de resíduos, aos seus funcionários;

- **Não se conseguiu vislumbrar em canteiro o depósito de produtos perigosos** (restos de amianto, de tintas e solventes e respectivas ferramentas de aplicação, botas e vestuário contaminados com esses produtos), **referido na Figura 5.1 (página 37) do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e na foto da Figura 5.7 desse mesmo PGRS.**



Foto 35 – Depósito de resíduos perigosos, não vislumbrado em obra (Fonte: o pesquisador)

- Na página 40 do PGRS (1º e 2 parágrafos), são referidos coletores coloridos para separação dos resíduos por tipo – plásticos, vidros, papel e papelão – nos setores de Engenharia, Almoxarifado e Refeitório, a fim de incentivar programas de coleta seletiva pelos funcionários, os quais não foram encontrados;

- Na página 40 do PGRS refere-se: “...Para a segregação/caracterização dos resíduos sólidos gerados em obra, propõe-se:

a) A identificação dos resíduos sólidos que deverão ser gerados na obra (classes A, B, C – faltando os D, que serão os perigosos – e comum – resíduos orgânicos gerados no refeitório, e recicláveis gerados no refeitório e setor de engenharia -); no entanto, a caracterização implica também a determinação das quantidades de cada classe, o que julgamos que não se consegue;

- O 1º parágrafo do item 5.3 do PGRS (página 43) refere “...após a segregação dos resíduos no local de origem, a coleta deve ser...”; deve-se no entanto referir que a segregação dos resíduos no local de origem não é eficaz, de outro modo não haveria a contaminação de resíduos cimentícios e cerâmicos (classe A) com pregos, pequenos pedaços de madeiras e plásticos e metais e papelões (classe B) e até luvas de borracha (ver fotos);



Fotos 36 (esq.) e 37 (dir.) - Segregação ineficaz na origem (Fonte: o pesquisador)



- Não havendo essa segregação eficaz na origem , torna-se muito mais difícil e dispendioso consegui-lo depois, dificultando reusos dos vários tipos /classes em outros trabalhos em obra, reciclagens, e até hipotética revenda/valorização;

- No ítem 5.3, no ponto “Durante a execução das Obras (Instalação)” o PGRS refere “...para o acondicionamento e armazenamento dos resíduos de construção civil.....assegurando em todos os casos em que se torne possível, as condições de reutilização e reciclagem, conforme disposto no artigo 9º da resolução CONAMA nº 448/2012. Este ponto da resolução CONAMA e do PGRS não é cumprido;

- No último parágrafo da página 43 do PGRS, refere-se: “..... a fim de orientar os funcionários para o descarte correto por classe dos resíduos (classes A e B) conforme detalhe no Anexo A e ilustração na figura 5.4 (pág 44).” Acontece que a foto da figura 5.4 não traduz a realidade da obra, pois na caçamba assinalada com o letreiro classe A (blocos de concreto, argamassa, concreto, pedaços de pavimentações) aparecem no armazenamento final resíduos de outras classes; por outro lado, na caçamba assinalada com o letreiro classe B (recicláveis – tubos de PVC, madeira, papel/papelão, plásticos, outros) é substituída na realidade em obra por uma com a placa “Gesso” e por uma outra onde se faz o armazenamento final de madeira “grossa”;



Foto 38 - Situação preconizada no PGRS para armazenamento final de resíduos classes A e B (o pesquisador)

- Na página 45 do PGRS é referido que as caçambas de resíduos de classe A serão transportadas “.....até área de transbordo e triagem (ATT) devidamente licenciada pelos....conforme orientações do capítulo VIII (artigos 23º, 24º e 30º) da Lei Municipal nº 13.867/2006.” Ao que se julga saber, no entanto, os resíduos desse tipo são transportados

para aterro privado, e não para ATT. A Lei Municipal também não explicita qual a localização da ATT para onde esses resíduos devem ser conduzidos/destinados;

- Logo em seguida, nessa mesma página 45 do PGRS, refere-se que “.....os resíduos de classe B (recicláveis) deverão ser encaminhados para a cooperativa de coleta seletiva Coopervida.” No entanto, se for esse o caso, e dada a forma como o armazenamento final em canteiro dos resíduos é efetuada, isso não é possível, visto que boa parte desses resíduos (madeiras pequenas, pregos, pontas de aço, plásticos e até alguns papeis/papelões) sofrem armazenamento final em canteiro misturados com os de classe A, e portanto, acabam sendo conduzidos para o aterro privado;

- Ainda na página 45 do PGRS, refere-se:”.....os resíduos perigosos gerados em obra, como latas de tinta, solventes e óleo lubrificante, considerados de classe D, serão coletados pelos caminhões da obra durante sua geração e encaminhados até o depósito, especificamente construído para o armazenamento destes materiais, conforme projeto do Anexo A. Enfatizar de novo que não se encontrou em obra o referido depósito;

- Na página 47 do PGRS refere-se “....A figura 5.8 ilustra coletores para resíduos orgânicos e recicláveis instalados em canteiro de obra, tal como proposta para o Condomínio Residencial Parque dos Manacás.” Ou seja, coletores coloridos para os diferentes tipos de resíduos (papel, plásticos, vidros e outros), que não foram vislumbrados em obra;

- Na página 51 do PGRS refere-se: “....Classe B – deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados para a área de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir....”; ao que julgamos saber, não só não é feita reutilização de resíduos em obra como, tal como referenciado atrás, os resíduos serão transportados para aterro privado, e não para ATT;

- Ainda a página 51 do PGRS refere:”.....a Lei Municipal nº 13.867 recomenda que haja controle de....Essa lei ainda enfatiza que a destinação dos RCC's deve atender às seguintes recomendações do artigo 4º: parágrafo primeiro – Os resíduos da construção civil classe A deverão prioritariamente ser transportados para o pátio de transbordo da Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil da Progresso e Habitação de São Carlos S.A. – Prohab São Carlos, visando o....”. Julga-se ser possível afirmar que isto não é feito;

- Aparentemente (não se teve acesso aos Anexos) o PGRS não contempla: - cronograma de implantação; - programa de monitoramento (Artigo 19 – III da Lei Estadual nº 12.300, de 16 de Março de 2006 – Política Estadual de Resíduos Sólidos);

- Notar que, e de acordo com o exposto na página 11 do PGRS, o artigo 27, parágrafo 1º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010, de 02 de Agosto de 2010) refere que “...a contratação de serviços de coleta, armazenamento, transporte, transbordo, tratamento ou destinação final de resíduos sólidos, ou de disposição final de rejeitos, não isenta as pessoas físicas ou jurídicas referidas no artigo 20 (que inclui os geradores de resíduos da construção civil) da responsabilidade por danos que vierem a ser provocados pelo gerenciamento inadequado dos mesmos.” Ou seja, a construtora continua sendo co-responsável por aquilo que os transportadores que contratar, ou até o destinador final (aterro privado, no caso) façam com os resíduos gerados na obra;

- Quanto a produtos sujeitos a logística reversa, parte deles não são usados em obra (perfumaria, cosméticos, agrotóxicos, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso). Quanto a embalagens de alimentos e bebidas, são separadas e devolvidas ao elemento/responsável anterior da cadeia de logística reversa. Existem outros, como óleo lubrificante usado e contaminado, óleo comestível, filtro de óleo lubrificante automotivo (máquinas), baterias automotivas (máquinas), lâmpadas, pilhas e baterias portáteis e pneus inservíveis (máquinas), para os quais não ficou completamente clara a destinação de cada um deles.

- Como a Lei Estadual nº 12.300, de 16/03/2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, acaba incluindo no seu artigo 21, parágrafo primeiro, no seu ponto 14, os resíduos da indústria da construção, isso leva a que a obra esteja descumprindo o artigo 32, que refere “.....compete aos geradores de resíduos industriais a responsabilidade pelo seu gerenciamento, desde.....incluindo:

I – a separação e coleta interna dos resíduos, de acordo com suas classes e características, dada a mistura/contaminação de, pelo menos, resíduos de classe A com resíduos de classe B;

II – O acondicionamento, identificação e transporte interno, quando for o caso (descumpra parcialmente, pois a sua preocupação com acondicionamento e identificação acaba se limitando equivocadamente a resíduos de classe A, gessos, e madeiras “grossas”);

- A obra não cumpre o disposto no artigo 10 da resolução CONAMA nº 307/2002 no que se refere à destinação, nos seus pontos I (resíduos de classe A) e II (resíduos de classe B);

- Concomitantemente a obra não cumpre o disposto no capítulo I, seção II (Da Destinação de Resíduos), parágrafo primeiro, da Lei Municipal nº 13.867, de 12/Set/2006, o que abre possibilidade de multa, prevista no artigo 38 da mesma lei;

- A obra não cumpre o disposto no capítulo VI (DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS), artigo 21 (prioridade à reutilização ou reciclagem dos resíduos de classe A); não cumpre o disposto no parágrafo primeiro deste artigo;

- Explicitamente no que refere a resíduos perigosos o artigo 39 da mesma Lei refere: “.....O transporte dos resíduos perigosos deverá.....PARÁGRAFO ÚNICO – Quando houver movimentação de resíduos perigosos para fora da unidade geradora, os geradores, transportadores e as unidades receptoras de resíduos perigosos deverão, obrigatoriamente, utilizar o Manifesto de Transporte de Resíduos, de acordo com critérios estabelecidos na legislação vigente;

- Considera-se que os resíduos com melhor manejo/gerenciamento ao longo das várias etapas, na obra, são o gesso e a madeira grossa; os resíduos de classe A sofrem de um grau de contaminação significativo, conforme se demonstra pelas fotos.



Fotos 39 - Respectivamente: Transporte horizontal e acondicionamento intermediário de RCC classe A contaminados com plásticos e metais; Foto 40 - RCC classe A contaminado com plásticos e metais; Foto 41 - RCC classe A contaminado com papelões e gessos (ou isopor); Foto 42 - RCC classe A contaminado com papelões (Fonte: o pesquisador)

#### **5.2.6 PREENCHIMENTO DAS MATRIZES DE DECISÃO CORRESPONDENTES AOS 4 NÍVEIS DA PROPOSTA PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP ATRÁS DESCRITA, NO TEXTO, POR DECISORES DA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO-PILOTO**

No âmbito da tese, consideram-se especialistas, não apenas acadêmicos ligados à área do gerenciamento de resíduos sólidos, e dos RCC em particular, como os próprios gerenciadores de resíduos de construção civil dentro das empresas construtoras de edifícios. Nesse sentido, e ainda no âmbito do estudo-piloto, foi solicitado a um conjunto de responsáveis técnicos da empresa, correspondentes a esse perfil, e atuantes na obra, que procedessem ao preenchimento das matrizes componentes da proposta apresentada pelo pesquisador.

Os resultados foram os que constam nas figuras 477 a 511.

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 2,00        | 1,00           | 0,33           | 0,20             | 0,33             |
| CR. SOCIAIS  | 0,50           | 1,00        | 1,00           | 0,33           | 0,20             | 0,33             |
| CR. ECONÔMICOS   | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 0,33           | 1,00             | 1,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 3,00           | 3,00        | 3,00           | 1,00           | 3,00             | 3,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 5,00           | 5,00        | 1,00           | 0,33           | 1,00             | 3,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 3,00           | 3,00        | 1,00           | 0,33           | 0,33             | 1,00             |

Figura 477 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), decisor 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 3,00        | 1,00           | 0,33           | 1,00             | 0,33             |
| CR. SOCIAIS  | 0,33           | 1,00        | 0,33           | 0,33           | 0,33             | 0,20             |
| CR. ECONÔMICOS   | 1,00           | 3,00        | 1,00           | 1,00           | 3,00             | 3,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 3,00           | 3,00        | 1,00           | 1,00           | 4,00             | 4,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 1,00           | 3,00        | 0,33           | 0,25           | 1,00             | 1,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 3,00           | 5,00        | 0,33           | 0,25           | 1,00             | 1,00             |

Figura 478 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), decisor 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 0,50        | 0,25           | 0,20           | 0,50             | 0,20             |
| CR. SOCIAIS  | 2,00           | 1,00        | 0,25           | 0,20           | 0,33             | 0,25             |
| CR. ECONÔMICOS   | 4,00           | 4,00        | 1,00           | 0,33           | 3,00             | 3,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 5,00           | 5,00        | 3,00           | 1,00           | 5,00             | 5,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 2,00           | 3,00        | 0,33           | 0,20           | 1,00             | 1,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 5,00           | 4,00        | 0,33           | 0,20           | 1,00             | 1,00             |

Figura 479 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), decisor 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 2,00        | 0,20           | 0,20           | 0,50             | 0,50             |
| CR. SOCIAIS  | 0,50           | 1,00        | 0,20           | 0,20           | 0,50             | 0,50             |
| CR. ECONÔMICOS   | 5,00           | 5,00        | 1,00           | 0,20           | 5,00             | 5,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 5,00           | 5,00        | 5,00           | 1,00           | 7,00             | 7,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 2,00           | 2,00        | 0,20           | 0,14           | 1,00             | 1,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 2,00           | 2,00        | 0,20           | 0,14           | 1,00             | 1,00             |

Figura 480 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), decisor 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 1,00        | 0,25           | 0,50           | 0,50             | 1,00             |
| CR. SOCIAIS  | 1,00           | 1,00        | 0,50           | 0,50           | 0,25             | 0,25             |
| CR. ECONÔMICOS   | 4,00           | 2,00        | 1,00           | 1,00           | 0,50             | 1,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 2,00           | 2,00        | 1,00           | 1,00           | 0,17             | 0,25             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 2,00           | 4,00        | 2,00           | 6,00           | 1,00             | 2,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 1,00           | 4,00        | 1,00           | 4,00           | 0,14             | 1,00             |

Figura 481 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), decisor 5

(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,50                 | 0,33                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 2,00                          | 1,00                 | 0,33                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 3,00                          | 3,00                 | 1,00                    |

Figura 482 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 1

(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 3,00                          | 2,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,33                           | 1,00                          | 1,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,50                           | 0,33                          | 1,00                         |

Figura 483 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 1

(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 0,20                                       | 3,00                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 5,00                            | 1,00                                       | 7,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 0,33                            | 0,14                                       | 1,00                              |

Figura 484 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |   |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILIDADE / TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 3,00                     | 0,33                                      | 0,33                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 1,00                          | 1,00  | 0,33  | 0,33                     | 0,20                                      | 0,20                | 0,33   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 3,00  | 1,00  | 0,33                     | 0,20                                      | 0,33                | 0,33   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 0,33                          | 3,00  | 3,00  | 1,00                     | 0,33                                      | 0,33                | 1,00   |
| HABILIDADE / TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 3,00                          | 5,00  | 5,00  | 3,00                     | 1,00                                      | 3,00                | 3,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 3,00                          | 5,00  | 3,00  | 3,00                     | 0,33                                      | 1,00                | 3,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1,00                          | 3,00  | 3,00  | 1,00                     | 0,33                                      | 0,33                | 1,00   |

Figura 485 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 1,00  | 1,00  | 0,33                                | 3,00  | 0,33   | 0,33                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 1,00                                 | 1,00  | 3,00  | 1,00                                | 3,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 1,00                                 | 0,33  | 1,00  | 0,33                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 3,00                                 | 1,00  | 3,00  | 1,00                                | 3,00  | 0,50   | 0,33                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 0,33                                 | 0,33  | 0,50  | 0,33                                | 1,00  | 0,33   | 0,33                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 3,00                                 | 1,00  | 1,00  | 2,00                                | 3,00  | 1,00   | 0,33                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 3,00                                 | 1,00  | 1,00  | 3,00                                | 3,00  | 3,00   | 1,00                            |

Figura 486 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)



| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS REICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 0,17   | 1,00                       | 1,00  | 3,00                             | 0,33                     | 0,33                                   | 3,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 6,00                                  | 1,00   | 5,00                       | 5,00  | 5,00                             | 5,00                     | 9,00                                   | 9,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 1,00                                  | 0,20   | 1,00                       | 1,00  | 0,50                             | 0,50                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS REICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 1,00                                  | 0,20   | 1,00                       | 1,00  | 0,50                             | 0,50                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 0,33                                  | 0,20   | 2,00                       | 2,00  | 1,00                             | 2,00                     | 2,00                                   | 1,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 3,00                                  | 0,20   | 2,00                       | 2,00  | 0,50                             | 1,00                     | 2,00                                   | 1,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 3,00                                  | 0,11   | 1,00                       | 1,00  | 0,50                             | 0,50                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 0,33                                  | 0,11   | 1,00                       | 1,00  | 1,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 487 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 1

(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                           |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESADVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 3,00                 | 3,00                      |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 0,33                          | 1,00                 | 1,00                      |
| DESADVANTAGENS AMBIENTAIS   | 0,33                          | 1,00                 | 1,00                      |

Figura 488 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 2

(Fonte: o pesquisador, 2018)



| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 0,33                                       | 0,50                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 3,00                            | 1,00                                       | 1,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 2,00                            | 1,00                                       | 1,00                              |

Figura 489– Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 5,00                          | 3,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,20                           | 1,00                          | 0,33                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,33                           | 3,00                          | 1,00                         |

Figura 490 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 2,00  | 2,00  | 2,00                                | 0,33  | 0,33   | 0,20                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 0,50                                 | 1,00  | 1,00  | 0,33                                | 0,33  | 0,20   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,50                                 | 1,00  | 1,00  | 1,00                                | 0,33  | 0,20   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,50                                 | 3,00  | 1,00  | 1,00                                | 0,33  | 0,20   | 0,33                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 3,00                                 | 3,00  | 3,00  | 3,00                                | 1,00  | 1,00   | 3,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 3,00                                 | 5,00  | 5,00  | 5,00                                | 1,00  | 1,00   | 3,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 5,00                                 | 1,00  | 1,00  | 3,00                                | 0,33  | 0,33   | 1,00                            |

Figura 491 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 3,00  | 3,00  | 3,00                     | 0,50                                  | 0,50                | 0,33   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,33                          | 1,00  | 1,00  | 0,33                     | 0,33                                  | 0,20                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 0,33                          | 1,00  | 1,00  | 1,00                     | 0,33                                  | 0,20                | 1,00   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 0,33                          | 3,00  | 1,00  | 1,00                     | 0,33                                  | 0,20                | 0,33   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 2,00                          | 3,00  | 3,00  | 3,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 3,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 2,00                          | 5,00  | 5,00  | 5,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 5,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 3,00                          | 1,00  | 1,00  | 3,00                     | 0,33                                  | 0,20                | 1,00   |

Figura 492 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS                 |                                       |  |                            |   |                                  |                            |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|----------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT' s; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE E GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 1,00   | 4,00                       | 4,00  | 1,00                             | 5,00                       | 5,00                                   | 6,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 1,00                                  | 1,00   | 0,33                       | 2,00  | 0,20                             | 2,00                       | 4,00                                   | 2,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 0,25                                  | 3,00   | 1,00                       | 5,00  | 1,00                             | 3,00                       | 5,00                                   | 3,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT' s; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; | 0,25                                  | 0,50   | 0,20                       | 1,00  | 0,20                             | 0,33                       | 3,00                                   | 3,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 1,00                                  | 5,00   | 1,00                       | 5,00  | 1,00                             | 1,00                       | 6,00                                   | 3,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 0,20                                  | 0,50   | 0,33                       | 3,00  | 1,00                             | 1,00                       | 2,00                                   | 2,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 0,20                                  | 0,25   | 0,20                       | 0,33  | 0,17                             | 0,50                       | 1,00                                   | 0,50                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 0,17                                  | 0,50   | 0,33                       | 0,33  | 0,33                             | 0,50                       | 2,00                                   | 1,00                       |

Figura 493 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,50                 | 1,00                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 2,00                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 1,00                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 494 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 3  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 2,00                                       | 7,00                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 0,50                            | 1,00                                       | 7,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 0,14                            | 0,14                                       | 1,00                              |

Figura 495 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 3  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 5,00                          | 7,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,20                           | 1,00                          | 3,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,14                           | 0,33                          | 1,00                         |

Figura 496 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 3  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 6,00  | 9,00  | 6,00                                | 1,00  | 5,00   | 3,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 0,17                                 | 1,00  | 9,00  | 1,00                                | 0,33  | 1,00   | 5,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,11                                 | 0,11  | 1,00  | 1,00                                | 0,20  | 0,33   | 0,33                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,17                                 | 1,00  | 1,00  | 1,00                                | 0,20  | 0,33   | 1,00                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 1,00                                 | 3,00  | 5,00  | 5,00                                | 1,00  | 5,00   | 5,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 0,20                                 | 1,00  | 3,00  | 3,00                                | 0,20  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 0,33                                 | 0,20  | 3,00  | 1,00                                | 0,20  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 497 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 3  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 1,00  | 0,50  | 2,00                     | 2,00                                  | 0,50                | 0,50   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 0,33                     | 1,00                                  | 0,33                | 0,33   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 2,00                          | 1,00  | 1,00  | 2,00                     | 1,00                                  | 0,33                | 1,00   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 0,50                          | 3,00  | 0,50  | 1,00                     | 0,33                                  | 0,33                | 1,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 0,50                          | 1,00  | 1,00  | 3,00                     | 1,00                                  | 0,50                | 0,50   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 2,00                          | 3,00  | 3,00  | 3,00                     | 2,00                                  | 1,00                | 4,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 2,00                          | 3,00  | 1,00  | 1,00                     | 2,00                                  | 0,25                | 1,00   |

Figura 498 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 3  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 5,00   | 1,00                             | 5,00                     | 5,00                                   | 5,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 7,00   | 0,33                             | 7,00                     | 7,00                                   | 7,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 7,00   | 0,33                             | 7,00                     | 7,00                                   | 7,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,20                                  | 0,14   | 0,14                       | 1,00   | 0,14                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 1,00                                  | 3,00   | 3,00                       | 7,00   | 1,00                             | 7,00                     | 7,00                                   | 7,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 0,20                                  | 0,14   | 0,14                       | 1,00   | 0,14                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 0,20                                  | 0,14   | 0,14                       | 1,00   | 0,14                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 0,20                                  | 0,14   | 0,14                       | 1,00   | 0,14                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 499 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 3  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,20                 | 0,14                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 5,00                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 7,00                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 500 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 4  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 3,00                                       | 0,50                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 0,33                            | 1,00                                       | 0,33                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 2,00                            | 3,00                                       | 1,00                              |

Figura 501 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 1,00                          | 0,11                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 1,00                           | 1,00                          | 0,14                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 9,00                           | 7,00                          | 1,00                         |

Figura 502 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 0,33  | 3,00  | 3,00                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 3,00                                 | 1,00  | 2,00  | 2,00                                | 1,00  | 0,20   | 0,33                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,33                                 | 0,50  | 1,00  | 2,00                                | 0,50  | 0,25   | 0,25                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,33                                 | 0,50  | 0,50  | 1,00                                | 0,20  | 0,20   | 0,33                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 1,00                                 | 1,00  | 2,00  | 5,00                                | 1,00  | 0,50   | 2,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 1,00                                 | 5,00  | 4,00  | 5,00                                | 2,00  | 1,00   | 2,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 1,00                                 | 3,00  | 4,00  | 3,00                                | 0,50  | 0,50   | 1,00                            |

Figura 503 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 9,00  | 9,00  | 5,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,11                          | 1,00  | 1,00  | 0,20                     | 0,14                                  | 0,14                | 0,14   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 0,11                          | 1,00  | 1,00  | 0,14                     | 0,14                                  | 0,20                | 0,11   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 0,20                          | 5,00  | 7,00  | 1,00                     | 3,00                                  | 1,00                | 1,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 1,00                          | 7,00  | 7,00  | 0,33                     | 1,00                                  | 1,00                | 0,20   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 1,00                          | 7,00  | 5,00  | 1,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 0,50   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1,00                          | 7,00  | 9,00  | 1,00                     | 5,00                                  | 2,00                | 1,00   |

Figura 504 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 4  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO • PRÓXIMAS ( ATT' s; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 3,00   | 3,00                       | 2,00   | 1,00                             | 4,00                     | 4,00                                   | 4,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 0,33                                  | 1,00   | 1,00                       | 4,00   | 0,50                             | 2,00                     | 2,00                                   | 2,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 0,33                                  | 1,00   | 1,00                       | 2,00   | 4,00                             | 2,00                     | 2,00                                   | 2,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO • PRÓXIMAS ( ATT' s; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,50                                  | 0,25   | 0,50                       | 1,00   | 2,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 1,00                                  | 2,00   | 0,25                       | 0,50   | 1,00                             | 3,00                     | 2,00                                   | 1,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 0,25                                  | 0,50   | 0,50                       | 1,00   | 0,33                             | 1,00                     | 1,00                                   | 2,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 0,25                                  | 0,50   | 0,50                       | 1,00   | 0,50                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 0,25                                  | 0,50   | 0,50                       | 1,00   | 1,00                             | 0,50                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 505 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 4  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                           |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESADVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 4,00                 | 4,00                      |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 0,25                          | 1,00                 | 0,50                      |
| DESADVANTAGENS AMBIENTAIS   | 0,25                          | 2,00                 | 1,00                      |

Figura 506 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 5 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 0,25                                       | 2,00                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 4,00                            | 1,00                                       | 3,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 0,50                            | 0,33                                       | 1,00                              |

Figura 507 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 5 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 4,00                          | 3,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,25                           | 1,00                          | 2,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,33                           | 0,50                          | 1,00                         |

Figura 508 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 5 (Fonte: o pesquisador, 2018)



| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 0,25  | 4,00  | 3,00                                | 3,00  | 3,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 4,00                                 | 1,00  | 9,00  | 9,00                                | 9,00  | 9,00   | 9,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,25                                 | 0,11  | 1,00  | 4,00                                | 4,00  | 4,00   | 4,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,33                                 | 0,11  | 0,25  | 1,00                                | 0,50  | 0,50   | 0,50                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 0,33                                 | 0,11  | 0,25  | 2,00                                | 1,00  | 1,00   | 0,50                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 0,33                                 | 0,11  | 0,25  | 2,00                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 1,00                                 | 0,11  | 0,25  | 2,00                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 509 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 5

(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 3,00  | 1,00  | 1,00                     | 1,00                                  | 3,00                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,33                          | 1,00  | 0,25  | 0,25                     | 1,00                                  | 0,50                | 0,50   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 4,00  | 1,00  | 0,33                     | 2,00                                  | 0,33                | 0,33   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 1,00                          | 4,00  | 3,00  | 1,00                     | 3,00                                  | 1,00                | 3,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 1,00                          | 1,00  | 0,50  | 0,33                     | 1,00                                  | 0,33                | 0,50   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 0,33                          | 2,00  | 3,00  | 1,00                     | 3,00                                  | 1,00                | 1,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1,00                          | 2,00  | 3,00  | 0,33                     | 2,00                                  | 1,00                | 1,00   |

Figura 510 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 5

(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT+; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 1,00   | 1,00                             | 2,00                     | 2,00                                   | 2,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 1,00   | 0,50                             | 1,00                     | 0,50                                   | 1,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 0,50   | 0,33                             | 0,33                     | 0,50                                   | 0,50                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT+; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 1,00                                  | 1,00   | 2,00                       | 1,00   | 2,00                             | 2,00                     | 0,50                                   | 0,50                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 1,00                                  | 2,00   | 3,00                       | 0,50   | 1,00                             | 0,33                     | 1,00                                   | 2,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 0,50                                  | 1,00   | 3,00                       | 0,50   | 3,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 0,50                                  | 2,00   | 2,00                       | 2,00   | 1,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 2,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 0,50                                  | 1,00   | 2,00                       | 2,00   | 0,50                             | 1,00                     | 0,50                                   | 1,00                       |

Figura 511 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 5

(Fonte: o pesquisador, 2018)

### 5.2.7 PREENCHIMENTO DAS MATRIZES DE DECISÃO, POR ESPECIALISTAS, E CORRESPONDENTES AOS 4 NÍVEIS DA PROPOSTA, PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP Á OBRA 1

Mesmo não se enquadrando no âmbito do estudo-piloto efetuado na empresa, dentro do que foi o fluxograma apresentado para a pesquisa, mas visto que se trata do preenchimento de matrizes de decisão também, decidiu-se enquadrar o preenchimento das ditas pelos especialistas acadêmicos contatados dentro do presente sub-item do texto da tese. Desse modo apresentam-se as figuras 512 a 553.

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 2,00        | 1,00           | 2,00           | 1,00             | 2,00             |
| CR. SOCIAIS  | 0,50           | 1,00        | 2,00           | 1,00           | 1,00             | 1,00             |
| CR. ECONÔMICOS   | 1,00           | 0,50        | 1,00           | 0,33           | 1,00             | 1,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 0,50           | 1,00        | 3,00           | 1,00           | 0,50             | 0,33             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 0,50           | 1,00             | 1,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 0,50           | 1,00        | 1,00           | 3,00           | 1,00             | 1,00             |

Figura 512 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), especialista 1

(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESvantagens AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,20                 | 0,20                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 0,00                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESvantagens AMBIENTAIS   | 0,00                          | 0,00                 | 1,00                    |

Figura 513 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, especialista 1  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 3,00                                       | 3,00                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 0,33                            | 1,00                                       | 0,50                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 0,33                            | 2,00                                       | 1,00                              |

Figura 514 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, especialista 1  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 5,00                          | 5,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,00                           | 1,00                          | 2,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,00                           | 0,00                          | 1,00                         |

Figura 515 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, especialista 1  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 1,00  | 0,50  | 1,00                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 1,00                                 | 1,00  | 0,50  | 1,00                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 2,00                                 | 2,00  | 1,00  | 1,00                                | 3,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 1,00                                 | 1,00  | 1,00  | 1,00                                | 1,00  | 0,50   | 3,00                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 0,50                                 | 0,50  | 0,33  | 1,00                                | 1,00  | 0,50   | 3,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 1,00                                 | 1,00  | 1,00  | 2,00                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 1,00                                 | 1,00  | 1,00  | 0,33                                | 0,33  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 516 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, especialista 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 5,00  | 1,00  | 0,33                     | 1,00                                  | 1,00                | 0,50   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,20                          | 1,00  | 0,50  | 0,50                     | 0,50                                  | 1,00                | 0,50   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 2,00  | 1,00  | 3,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 0,50   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 3,00                          | 2,00  | 0,33  | 1,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 0,50   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 1,00                          | 2,00  | 1,00  | 1,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 1,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 1,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 1,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 2,00                          | 2,00  | 2,00  | 2,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 1,00   |

Figura 517 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, especialista 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT <sup>2</sup> ; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 0,33   | 0,33                       | 0,33  | 1,00                             | 0,50                     | 1,00                                   | 0,50                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 3,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 4,00  | 2,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 3,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 1,00  | 2,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT <sup>2</sup> ; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 3,00                                  | 0,25   | 1,00                       | 1,00  | 2,00                             | 2,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 1,00                                  | 0,50   | 0,50                       | 0,50  | 1,00                             | 2,00                     | 0,50                                   | 1,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 2,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 0,50  | 0,50                             | 1,00                     | 5,00                                   | 1,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 1,00  | 2,00                             | 0,20                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 2,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 1,00  | 1,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 518 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, especialista 1 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 0,33        | 0,14           | 1,00           | 0,33             | 0,33             |
| CR. SOCIAIS  | 3,00           | 1,00        | 0,33           | 0,33           | 0,20             | 0,20             |
| CR. ECONÔMICOS   | 7,00           | 3,00        | 1,00           | 5,00           | 3,00             | 3,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 1,00           | 3,00        | 0,20           | 1,00           | 0,33             | 0,33             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 3,00           | 5,00        | 0,33           | 3,00           | 1,00             | 1,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 3,00           | 5,00        | 0,33           | 3,00           | 1,00             | 1,00             |

Figura 519 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), especialista 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 3,00                 | 3,00                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 0,33                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 0,33                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 520 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, especialista 2  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 3,00                                       | 0,50                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 0,33                            | 1,00                                       | 0,33                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 2,00                            | 3,00                                       | 1,00                              |

Figura 521 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, especialista 2  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 7,00                          | 5,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,14                           | 1,00                          | 0,33                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,20                           | 3,00                          | 1,00                         |

Figura 522 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, especialista 2  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 2,00  | 2,00  | 1,00                                | 1,00  | 2,00   | 2,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 0,50                                 | 1,00  | 2,00  | 1,00                                | 0,50  | 0,50   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,50                                 | 0,50  | 1,00  | 0,33                                | 0,33  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 1,00                                 | 1,00  | 3,00  | 1,00                                | 0,33  | 0,33   | 0,33                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 1,00                                 | 2,00  | 3,00  | 3,00                                | 1,00  | 0,50   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 0,50                                 | 2,00  | 1,00  | 3,00                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 0,50                                 | 1,00  | 1,00  | 3,00                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 523 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, especialista 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 5,00                     | 1,00                                  | 3,00                | 5,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 3,00                     | 0,33                                  | 1,00                | 0,33   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 3,00                     | 0,33                                  | 1,00                | 1,00   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 0,20                          | 0,33  | 0,33  | 1,00                     | 0,20                                  | 1,00                | 1,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 1,00                          | 3,00  | 3,00  | 5,00                     | 1,00                                  | 5,00                | 5,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 0,33                          | 1,00  | 1,00  | 1,00                     | 0,20                                  | 1,00                | 1,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 0,20                          | 3,00  | 1,00  | 1,00                     | 0,20                                  | 1,00                | 1,00   |

Figura 524 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, especialista 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT' S; USINAS REICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 5,00   | 3,00                       | 7,00  | 1,00                             | 5,00                     | 9,00                                   | 7,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 0,20                                  | 1,00   | 3,00                       | 3,00  | 0,33                             | 3,00                     | 5,00                                   | 7,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 0,33                                  | 0,33   | 1,00                       | 3,00  | 0,20                             | 3,00                     | 5,00                                   | 7,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT' S; USINAS REICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,14                                  | 0,33   | 0,33                       | 1,00  | 0,20                             | 3,00                     | 5,00                                   | 7,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 1,00                                  | 3,00   | 5,00                       | 5,00  | 1,00                             | 5,00                     | 7,00                                   | 9,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 0,20                                  | 0,33   | 0,33                       | 0,33  | 0,20                             | 1,00                     | 1,00                                   | 3,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 0,11                                  | 0,20   | 0,20                       | 0,20  | 0,14                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 0,14                                  | 0,14   | 0,14                       | 0,14  | 0,11                             | 0,33                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 525 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, especialista 2 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 0,25           | 1,00             | 0,50             |
| CR. SOCIAIS  | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 0,20           | 1,00             | 0,33             |
| CR. ECONÔMICOS   | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 0,33           | 0,33             | 0,20             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 4,00           | 5,00        | 3,00           | 1,00           | 2,00             | 3,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 1,00           | 1,00        | 3,00           | 0,50           | 1,00             | 3,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 2,00           | 3,00        | 5,00           | 0,33           | 0,33             | 1,00             |

Figura 526– Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), especialista 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)



| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,33                 | 3,00                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 3,00                          | 1,00                 | 4,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 0,33                          | 0,25                 | 1,00                    |

Figura 527 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, especialista 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 0,50                                       | 0,33                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 2,00                            | 1,00                                       | 0,25                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 3,00                            | 4,00                                       | 1,00                              |

Figura 528 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, especialista 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 4,00                          | 2,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,25                           | 1,00                          | 1,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,50                           | 1,00                          | 1,00                         |

Figura 529 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, especialista 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)

"CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS

|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO                   | 1,00                                 | 3,00  | 4,00  | 3,00                                | 1,00  | 2,00   | 0,50                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA        | 0,33                                 | 1,00  | 2,00  | 2,00                                | 0,50  | 0,33   | 0,33                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL          | 0,25                                 | 0,50  | 1,00  | 0,50                                | 2,00  | 0,50   | 0,33                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS                    | 0,33                                 | 0,50  | 2,00  | 1,00                                | 2,00  | 0,33   | 0,25                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO        | 1,00                                 | 2,00  | 0,50  | 0,50                                | 1,00  | 0,50   | 0,33                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | 0,50                                 | 3,00  | 2,00  | 3,00                                | 2,00  | 1,00   | 0,25                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES                   | 2,00                                 | 3,00  | 3,00  | 4,00                                | 3,00  | 4,00   | 1,00                            |

Figura 530 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, especialista 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)

"CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS

|   | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
|---|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO                     | 1,00                          | 5,00  | 0,50  | 0,50                     | 0,33                                  | 0,33                | 0,50   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS       | 0,20                          | 1,00  | 1,00  | 0,20                     | 0,20                                  | 0,14                | 0,20   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | 2,00                          | 1,00  | 1,00  | 2,00                     | 0,33                                  | 0,33                | 0,33   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM                          | 2,00                          | 5,00  | 0,50  | 1,00                     | 0,50                                  | 0,33                | 0,25   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS             | 3,00                          | 5,00  | 3,00  | 2,00                     | 1,00                                  | 2,00                | 2,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM                               | 3,00                          | 7,00  | 3,00  | 3,00                     | 0,50                                  | 1,00                | 0,50   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO  | 2,00                          | 5,00  | 3,00  | 4,00                     | 0,50                                  | 2,00                | 1,00   |

Figura 531 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, especialista 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT <sup>2</sup> ; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 0,50   | 1,00                       | 0,50  | 0,20                             | 0,25                     | 1,00                                   | 0,33                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 2,00                                  | 1,00   | 3,00                       | 2,00  | 0,33                             | 0,33                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 1,00                                  | 0,33   | 1,00                       | 0,33  | 0,50                             | 0,33                     | 1,00                                   | 0,33                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT <sup>2</sup> ; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 2,00                                  | 0,50   | 3,00                       | 1,00  | 0,50                             | 0,33                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 5,00                                  | 3,00   | 2,00                       | 2,00  | 1,00                             | 3,00                     | 1,00                                   | 0,50                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 4,00                                  | 3,00   | 3,00                       | 3,00  | 0,33                             | 1,00                     | 1,00                                   | 0,50                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 1,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 1,00  | 1,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 3,00                                  | 1,00   | 3,00                       | 1,00  | 2,00                             | 2,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 532 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, especialista 3 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 2,00        | 0,33           | 1,00           | 0,33             | 0,33             |
| CR. SOCIAIS  | 0,50           | 1,00        | 1,00           | 0,50           | 0,33             | 0,50             |
| CR. ECONÔMICOS   | 3,00           | 1,00        | 1,00           | 1,00           | 0,50             | 1,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 1,00           | 2,00        | 1,00           | 1,00           | 2,00             | 0,50             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 3,00           | 3,00        | 2,00           | 0,50           | 1,00             | 2,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 3,00           | 2,00        | 1,00           | 2,00           | 0,50             | 1,00             |

Figura 533 – Preenchimento matriz nível 2 (classes de critérios), especialista 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESvantagens AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,50                 | 3,00                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 2,00                          | 1,00                 | 3,00                    |
| DESvantagens AMBIENTAIS   | 0,33                          | 0,33                 | 1,00                    |

Figura 534 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, especialista 4  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 0,33                                       | 0,25                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 3,00                            | 1,00                                       | 1,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 4,00                            | 1,00                                       | 1,00                              |

Figura 535 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, especialista 4  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 0,50                          | 0,33                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 2,00                           | 1,00                          | 0,25                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 3,00                           | 4,00                          | 1,00                         |

Figura 536 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, especialista 4  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 3,00  | 5,00  | 3,00                                | 3,00  | 6,00   | 2,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 0,33                                 | 1,00  | 6,00  | 2,00                                | 3,00  | 3,00   | 5,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,20                                 | 0,17  | 1,00  | 1,00                                | 3,00  | 5,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,33                                 | 0,50  | 1,00  | 1,00                                | 3,00  | 3,00   | 3,00                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 0,33                                 | 0,33  | 0,33  | 0,33                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 0,17                                 | 0,33  | 0,20  | 0,33                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 0,50                                 | 0,20  | 1,00  | 0,33                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 537– Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, especialista 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 0,33  | 0,25  | 0,13                     | 0,11                                  | 0,20                | 0,14   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 3,00                          | 1,00  | 2,00  | 0,25                     | 0,20                                  | 2,00                | 0,25   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 4,00                          | 0,50  | 1,00  | 1,00                     | 0,20                                  | 1,00                | 1,00   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 8,00                          | 4,00  | 1,00  | 1,00                     | 0,33                                  | 1,00                | 2,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 9,00                          | 5,00  | 5,00  | 3,00                     | 1,00                                  | 5,00                | 6,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 5,00                          | 0,50  | 1,00  | 1,00                     | 0,20                                  | 1,00                | 0,33   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 7,00                          | 4,00  | 1,00  | 0,50                     | 0,17                                  | 3,00                | 1,00   |

Figura 538 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, especialista 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 1,00   | 0,50                       | 0,33   | 0,33                             | 3,00                     | 2,00                                   | 0,50                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 1,00                                  | 1,00   | 3,00                       | 2,00   | 0,50                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 2,00                                  | 0,33   | 1,00                       | 2,00   | 1,00                             | 2,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 3,00                                  | 0,50   | 0,50                       | 1,00   | 1,00                             | 3,00                     | 2,00                                   | 2,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 3,00                                  | 2,00   | 1,00                       | 1,00   | 1,00                             | 2,00                     | 3,00                                   | 3,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 0,33                                  | 1,00   | 0,50                       | 0,33   | 0,50                             | 1,00                     | 1,00                                   | 0,33                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 0,50                                  | 1,00   | 1,00                       | 0,50   | 0,33                             | 1,00                     | 1,00                                   | 0,33                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 2,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 0,20   | 0,33                             | 3,00                     | 3,00                                   | 1,00                       |

Figura 539 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, especialista 4 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 7,00        | 1,00           | 5,00           | 5,00             | 5,00             |
| CR. SOCIAIS  | 0,14           | 1,00        | 1,00           | 1,00           | 3,00             | 3,00             |
| CR. ECONÔMICOS   | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 2,00           | 4,00             | 4,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 0,20           | 1,00        | 0,50           | 1,00           | 4,00             | 4,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 0,20           | 0,33        | 0,25           | 0,25           | 1,00             | 3,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 0,20           | 0,33        | 0,25           | 0,25           | 0,33             | 1,00             |

Figura 540 – Preenchimento matriz nível 2 - classes de critérios, especialista 5 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                           |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESADVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,20                 | 4,00                      |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 5,00                          | 1,00                 | 9,00                      |
| DESADVANTAGENS AMBIENTAIS   | 0,25                          | 0,11                 | 1,00                      |

Figura 541 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, especialista 5  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 1,00                                       | 0,20                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 1,00                            | 1,00                                       | 0,33                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 5,00                            | 3,00                                       | 1,00                              |

Figura 542 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, especialista 5  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 4,00                          | 6,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,25                           | 1,00                          | 4,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,17                           | 0,25                          | 1,00                         |

Figura 543 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, especialista 5  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 4,00  | 6,00  | 4,00                                | 8,00  | 0,25   | 0,25                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 0,25                                 | 1,00  | 4,00  | 2,00                                | 6,00  | 0,33   | 0,33                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,17                                 | 0,25  | 1,00  | 1,00                                | 4,00  | 0,25   | 0,25                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,25                                 | 0,50  | 1,00  | 1,00                                | 4,00  | 0,25   | 0,25                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 0,13                                 | 0,17  | 0,25  | 0,25                                | 1,00  | 0,14   | 0,14                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 4,00                                 | 3,00  | 4,00  | 4,00                                | 7,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 4,00                                 | 3,00  | 4,00  | 4,00                                | 7,00  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 544 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, especialista 5 (Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |   |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILIDADE TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 3,00  | 1,00  | 0,33                     | 1,00                                    | 0,50                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,33                          | 1,00  | 1,00  | 0,50                     | 1,00                                    | 2,00                | 2,00   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 0,50                     | 1,00                                    | 1,00                | 0,50   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 3,00                          | 2,00  | 2,00  | 1,00                     | 3,00                                    | 1,00                | 3,00   |
| HABILIDADE TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 0,33                     | 1,00                                    | 0,50                | 0,50   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 2,00                          | 0,50  | 1,00  | 1,00                     | 2,00                                    | 1,00                | 2,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1,00                          | 0,50  | 2,00  | 0,33                     | 2,00                                    | 0,50                | 1,00   |

Figura 545 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, especialista 5 (Fonte: o pesquisador, 2018)



| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'S; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 3,00   | 3,00                       | 5,00  | 0,20                             | 3,00                     | 3,00                                   | 7,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 0,33                                  | 1,00   | 0,20                       | 0,20  | 0,20                             | 0,11                     | 0,20                                   | 1,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 0,33                                  | 5,00   | 1,00                       | 1,00  | 1,00                             | 0,50                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'S; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,20                                  | 5,00   | 1,00                       | 1,00  | 0,33                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 5,00                                  | 5,00   | 1,00                       | 3,00  | 1,00                             | 2,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 0,33                                  | 9,00   | 2,00                       | 1,00  | 0,50                             | 1,00                     | 1,00                                   | 0,50                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 0,33                                  | 5,00   | 1,00                       | 1,00  | 1,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 0,14                                  | 1,00   | 1,00                       | 1,00  | 1,00                             | 2,00                     | 1,0                                    | 1,00                       |

Figura 546 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, especialista 5  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 3,00        | 0,33           | 0,20           | 5,00             | 5,00             |
| CR. SOCIAIS  | 0,33           | 1,00        | 0,20           | 0,14           | 3,00             | 3,00             |
| CR. ECONÔMICOS   | 3,00           | 5,00        | 1,00           | 0,33           | 7,00             | 7,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 5,00           | 7,00        | 3,00           | 1,00           | 9,00             | 9,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 0,20           | 0,33        | 0,14           | 0,11           | 1,00             | 1,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 0,20           | 0,33        | 0,14           | 0,11           | 1,00             | 1,00             |

Figura 547 – Preenchimento matriz nível 2 - classes de critérios, especialista 6  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,33                 | 0,20                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 3,00                          | 1,00                 | 0,33                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 5,00                          | 3,00                 | 1,00                    |

Figura 548 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, especialista 6  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 4,00                                       | 8,00                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 0,25                            | 1,00                                       | 4,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 0,13                            | 0,25                                       | 1,00                              |

Figura 549 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, especialista 6  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 4,00                          | 8,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,25                           | 1,00                          | 4,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,13                           | 0,25                          | 1,00                         |

Figura 550 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, especialista 6  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 7,00  | 5,00  | 7,00                                | 0,33  | 3,00   | 3,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 0,14                                 | 1,00  | 0,33  | 1,00                                | 0,11  | 0,20   | 0,20                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,20                                 | 3,00  | 1,00  | 3,00                                | 0,14  | 0,33   | 0,33                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,14                                 | 1,00  | 0,33  | 1,00                                | 0,11  | 0,20   | 0,20                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 3,00                                 | 9,00  | 7,00  | 9,00                                | 1,00  | 5,00   | 5,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 0,33                                 | 5,00  | 3,00  | 5,00                                | 0,20  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 0,33                                 | 5,00  | 3,00  | 5,00                                | 0,20  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 551 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, especialista 6  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 0,14  | 0,20  | 0,33                     | 0,33                                  | 3,00                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 7,00                          | 1,00  | 3,00  | 5,00                     | 5,00                                  | 9,00                | 7,00   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 5,00                          | 0,33  | 1,00  | 3,00                     | 3,00                                  | 7,00                | 5,00   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 3,00                          | 0,20  | 0,33  | 1,00                     | 1,00                                  | 5,00                | 3,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 3,00                          | 0,20  | 0,33  | 1,00                     | 1,00                                  | 5,00                | 3,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 0,33                          | 0,11  | 0,14  | 0,20                     | 0,20                                  | 1,00                | 0,33   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1,00                          | 0,14  | 0,20  | 0,33                     | 0,33                                  | 3,00                | 1,00   |

Figura 552 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, especialista 6  
(Fonte: o pesquisador, 2018)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 0,20   | 0,33                       | 2,00   | 1,00                             | 0,33                     | 0,50                                   | 0,50                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 5,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 9,00   | 1,00                             | 2,00                     | 3,00                                   | 3,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 3,00                                  | 1,00   | 1,00                       | 7,00   | 4,00                             | 1,00                     | 2,00                                   | 2,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,50                                  | 0,11   | 0,14                       | 1,00   | 0,50                             | 0,20                     | 0,33                                   | 0,33                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 1,00                                  | 1,00   | 0,25                       | 2,00   | 1,00                             | 0,33                     | 0,50                                   | 0,50                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 3,00                                  | 0,50   | 1,00                       | 5,00   | 3,00                             | 1,00                     | 2,00                                   | 2,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 2,00                                  | 0,33   | 0,50                       | 3,00   | 2,00                             | 0,50                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 2,00                                  | 0,33   | 0,50                       | 3,00   | 2,00                             | 0,50                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 553 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, especialista 6 (Fonte: o pesquisador, 2018)

### 5.3 ESTUDO DE CASO – OBRA 1

Após o estudo-piloto, que serviu de base inicial para se estabelecerem os procedimentos a serem realizados posteriormente nas obras objeto de estudo de caso, tentando detetar também eventuais aspetos passíveis de melhoria em relação ao realizado nesse mesmo estudo-piloto, partiu-se então para um estudo de caso numa primeira obra.

As etapas realizadas nesta primeira obra objeto de estudo de caso foram basicamente as mesmas em relação às da obra objeto de estudo-piloto, embora a ordem das mesmas tenha variado, já que a mesma estava dependente da disponibilidade de terceiros, e possa ter havido também pequeníssimas diferenças de pormenor numa ou noutra etapa, em função do próprio “modus-operandi” da nova empresa a que a obra 1 pertencia, em relação à empresa da obra do estudo-piloto.

A seguir se descreve então o realizado durante o estudo de caso feito na obra 1.

### **5.3.1 A CONSTRUTORA, A OBRA E A LOCALIZAÇÃO**

A obra 1 pertencia ao portfólio de obras de uma construtora já de grande dimensão, integrada num grupo cuja empresa líder da holding era maior ainda, tendo ambas matriz na cidade de Ribeirão Preto.

A construtora da obra 1 tem cerca de 10 anos de atuação no mercado, cerca de 1000 funcionários, e atua exclusivamente no segmento residencial, e no estado de São Paulo, por enquanto, apenas. Pode-se dizer que suas obras são na esmagadora maioria obras tipo “padrão médio”.

A obra 1 era constituída por três torres de 4 pisos idênticos cada, sendo que duas torres tinham seis blocos e uma terceira torre tinha 4 blocos. As três torres totalizavam 240 unidades de construção (43,06m<sup>2</sup> cada unidade), fazendo parte do Programa Minha Casa Minha Vida. A obra situa-se na cidade de Araraquara, estado de São Paulo.

A Holding a que a construtora da obra pertence já não se enquadra no tipo “construtora familiar”, nem a própria construtora da obra 1, tendo ambas uma estrutura maior que as empresas daquele tipo. Ambas as empresas estão num processo de expansão forte e consolidação no mercado imobiliário do estado. A empresa da obra 1 funciona por “regionais”, em algumas cidades e respectivas regiões do estado, reportando-se depois todas elas à matriz em Ribeirão Preto.

### **5.3.2 O CONTATO INICIAL**

Antes de iniciadas as visitas de campo, foi efetuado um contato inicial prévio com os responsáveis da construtora, na pessoa da sua Supervisora/Diretora de Qualidade, na matriz, em Ribeirão Preto, tendo o pesquisador e a Professora Dr<sup>a</sup> Sheyla Mara Batista Serra se deslocado aos escritórios da dita, onde foram entregues à referida Supervisora e em mão, elementos em tudo semelhantes aos das figuras 331, 332 e 333 (empresa estudo-piloto), com as necessárias adaptações em face da mudança de Professor acompanhante. Não foi solicitada uma programação detalhada das visitas em obra correspondentes às visitas do primeiro mês. A reunião decorreu já na segunda metade de Novembro de 2018, em face de ter que haver o anuimento de responsáveis superiores à Supervisora de Qualidade ainda decorreu algum tempo até entrada em obra, sendo que antes da interrupção dos trabalhos para férias de Natal apenas se realizou uma visita de campo. As visitas a canteiro seriam retomadas por volta do dia 11 de Janeiro de 2019, prosseguindo num ritmo bi-semanal a partir de então, e se prolongando durante cerca de dois meses e três semanas, aproximadamente.

### 5.3.3 OBSERVAÇÃO DIRETA SEM INTERVENÇÃO

#### 5.3.3.1 ETAPAS DE MANEJO DAS DIFERENTES CLASSES E TIPOS DE RESÍDUOS (triagem/segregação e acondicionamento inicial; coleta e transporte horizontal nos pavimentos; acondicionamento intermediário nos pavimentos; transporte vertical para o térreo; transporte horizontal no térreo; armazenamento final no térreo; remoção e transporte para fora do canteiro)

De novo a preocupação manteve-se em registrar sem intervir, sem interferir com os procedimentos de manejo de resíduos da construtora, até para facilitar mais tarde a elaboração do diagnóstico sobre esses mesmos procedimentos e gerenciamento de RCC em obra, haja vista o compromisso de entregar esse mesmo diagnóstico aos responsáveis da empresa. Os procedimentos foram então simplesmente registrados em fotos, as quais se mostram nos itens a seguir.

##### 5.3.3.1.1 CLASSE A (Cimentícios e cerâmicos; solos)

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** As fotos 43, 44 e 45 a seguir mostram essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são ou triados/segregados por varrição ou por pás ou manualmente (no caso de pedaços já relativamente grandes de blocos de concreto), e acondicionados inicialmente ou nas zonas centrais dos cômodos ou junto às paredes dos mesmos, em pilhas, esperando a respectiva coleta inicial. De referir que na obra 1 e ao nível dos pavimentos superiores ao térreo praticamente só existem resíduos de classe A **cimentícios**, visto que não existe execução de paredes de tijolo, nem escavações ou movimentações de terra, obviamente.



Foto 43 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios, triados e acondicionados em pilha no centro de cômodo, em piso superior ao térreo; Foto 44 (centro) - Resíduos classe A, cimentícios, triados e acondicionados em pilha junto a parede, em piso superior ao térreo; Foto 45 (direita) – Resíduos de blocos de concreto, já de grandes dimensões, triados e acondicionados em pilha no centro de cômodo, em piso superior ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)



- **Coleta e transporte inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** As fotos 46, 47 e 48 a seguir mostram essa etapa pra este tipo de resíduos. Assim, eles são ou transportados manualmente em baldes ou latas, ou por meio de jericas/carrinhos de mão.



Foto 46 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios, coleta por jericas, em piso superior ao térreo; Foto 47 (centro) - Resíduos classe A, cimentícios, coleta em latas, em piso superior ao térreo; Foto 48 (direita) – Resíduos classe A, transporte manual em latas, em piso superior ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** As fotos 49 e 50, a seguir, mostram essa etapa pra este tipo de resíduos. Assim, eles são inicialmente acondicionados numa pilha, em cômodo “aberto” para acesso de equipamento do tipo “sky-trek”, e posteriormente acondicionados dentro de um caixotão de madeira, nesse cômodo.



Foto 49 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios, acondicionados intermediariamente em pilha, em um cômodo com abertura para acesso de “sky-trek”, em pavimento superior ao térreo; Foto 50 (direita) – Resíduos classe A, cimentícios, acondicionados intermediariamente em caixotão de madeira, em um cômodo com abertura para acesso de “sky-trek”, em pavimento superior ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Transporte vertical para o térreo:** As fotos 51, 52 e 53, a seguir, mostram essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são transportados verticalmente para o térreo por meio de equipamento do tipo “sky-trek”.



Foto 51 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios, transporte para o térreo por meio de “sky-trek”, fase inicial; Foto 52 (centro) - Resíduos classe A, cimentícios, transporte para o térreo por meio de “sky-trek”, fase intermediária; Foto 53 (direita) – Resíduos classe A, cimentícios, transporte para o térreo por meio de “sky-trek”, fase quase final (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Transporte horizontal no térreo:** As fotos 54 e 55, a seguir, mostram essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, sejam solos ou cimentícios/entulhos, eles são transportados horizontalmente no térreo por intermédio de jericas/carrinhos de mão.



Foto 54 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios, aguardando por transporte horizontal no térreo por meio de jeric/carrinho de mão; Foto 55 (direita) – Resíduos classe A, no caso solos, aguardando por transporte horizontal no térreo por meio de jeric/carrinho de mão (Fonte: o pesquisador, 2019)



- **Armazenamento final no térreo:** As fotos 56, 57 e 58, a seguir, mostram essa etapa pra este tipo de resíduos. Assim, eles são sujeitos a armazenamento final do térreo em caçambas, que podem ser exclusivamente para solos, ou então caçambas de “mistos” (cimentícios e solos misturados) ou caçambas exclusivas para cimentícios/entulhos.



Foto 56 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios, armazenamento final no térreo em caçamba exclusiva; Foto 57 (centro) - Resíduos classe A, solos, armazenamento final no térreo em caçamba exclusiva; Foto 58 (direita) – Resíduos classe A, “mistos” (cimentícios misturados com solos), armazenamento final em caçamba no térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** As fotos 59, 60, 61 e 62, a seguir, mostram essa etapa pra este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhões poliguindaste, com as respectivas lonas das caçambas cobertas, sendo que os transportadores preenchem as correspondentes CTR's (fichas de controle de transporte e recebimento).



Foto 59 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios/entulhos, sendo retirados de canteiro por caminhão poliguindaste, fase inicial; Foto 60 (direita) – Resíduos classe A, cimentícios/entulhos, sendo retirados de canteiro, com as caçambas cobertas por lona, e por meio de caminhão poliguindaste, fase final (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 61 (esquerda) – Resíduos classe A, no caso solos, sendo retirados de canteiro por caminhão poliguindaste, fase inicial; Foto 62 (direita) – Transportador retirando do canteiro resíduos classe A, no caso solos, e em posse da respectiva ficha do tipo CTR (Fonte: o pesquisador, 2019)

#### 5.3.3.1.2 CLASSE B (gessos, madeiras, papéis e papelões, plásticos, isopor, metais, sacarias, vidros)

##### GESSOS:

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores** ao térreo: As fotos 63 e 64, a seguir, mostram essa etapa pra este tipo de resíduos. Assim, eles são ou triados/segregados por varrição, e acondicionados inicialmente dentro de sacos de cimento vazios, seja nas áreas centrais dos cômodos ou junto de suas paredes.



Foto 63 (esquerda) – Triagem/segregação de resíduos de gesso (classe B) por varrição, nos pavimentos superiores ao térreo; Foto 64 (direita) – Acondicionamento de resíduos de gesso dentro de sacos de cimento vazios, nos pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** A foto 65, a seguir, mostra essa etapa pra este tipo de resíduos. Assim, eles são transportados manualmente e normalmente sobre os ombros, pelos funcionários.



Foto 65 – Transporte inicial horizontal, nos pavimentos superiores ao térreo, feito manualmente pelos funcionários, de resíduos de gesso (classe B) (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pisos de cota mais alta, os resíduos de gesso são acondicionados intermediariamente dentro de sacos de cimento vazios, em cômodo “aberto” (acessível a equipamento do tipo “sky-trek”), e posteriormente transferidos para dentro de caixotão de madeira, ainda nesse mesmo cômodo. Já no pavimento imediatamente acima do térreo, muitas vezes não chega a haver acondicionamento intermediário nesse tipo de cômodos, acabando o gesso por ser transportado verticalmente e manualmente pelas escadas, até o térreo, pelos funcionários.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cota mais elevada, são transportados para o térreo por equipamento tipo “sky-trek”, dentro de caixotão de madeira, tal como já acontecia para os resíduos de classe A cimentícios. Já no pavimento imediatamente acima do térreo, muitas vezes são transportados manualmente, pelas escadas, dentro de sacos de cimento, aos ombros dos funcionários. A foto 66 mostra isso.



Foto 66 – Resíduos de gesso sendo transportados manualmente desde o 1º andar até o térreo, por funcionário, dentro de saco de cimento (Fonte: o pesquisador, 2019)



- **Transporte horizontal no térreo:** no térreo os resíduos de gesso podem ser transportados de 3 formas diferentes; assim, se eles forem provenientes do pavimento imediatamente acima do térreo eles poderão continuar a ser transportados pelo funcionário que já os trouxe do piso superior, e que os conduzirá a armazenamento final do térreo, em caçamba. Por outro lado, se forem provenientes dos pisos mais acima, será o equipamento tipo “sky-trek” que procederá a esse transporte, com os resíduos acondicionados em sacos de cimento vazios dentro de caixotão de madeira, até armazenamento final no térreo. Se esses resíduos tiverem sido gerados no térreo, normalmente esse transporte horizontal até

armazenamento final no térreo é feito por meio de jerica/carrinho de mão. Ver foto 67.

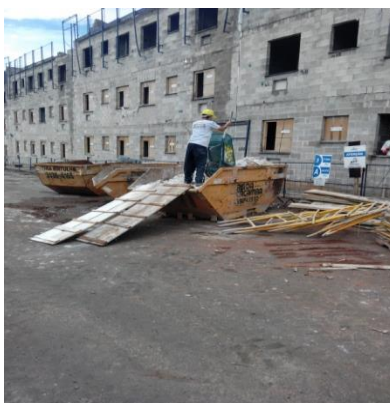


Foto 67 – Resíduos de gesso sendo transportados no térreo até ao local de armazenamento final no mesmo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Armazenamento final no térreo:** A foto 68, a seguir, mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, os resíduos de gesso são armazenados no térreo em caçambas exclusivas para este tipo de material.



Foto 68 – Caçamba de gesso, no térreo, para armazenamento final exclusivo desse tipo de material (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** A foto 69, a seguir, mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhões poliguindaste, com as respectivas lonas das caçambas cobertas, sendo que os transportadores preenchem as correspondentes CTR's (fichas de controle de transporte e recebimento).



Foto 69 – Resíduos de gesso (classe B), sendo retirados de canteiro por caminhão poliguindaste (Fonte: o pesquisador, 2019)

**MADEIRAS:** Importante referir que os procedimentos referentes às madeiras podem variar um pouco, em algumas etapas, de acordo com o tamanho das mesmas.

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** As fotos 70, 71 e 72, mostram essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, nesta etapa, e independentemente do tamanho das peças, elas são normalmente triadas/segregadas manualmente, pelos funcionários, e acondicionadas em pilhas, seja nas zonas centrais dos cômodos seja junto às paredes dos mesmos, nos pavimentos, sendo que os de pequenas dimensões são usualmente colocados dentro de sacos de rafia, depois.



Foto 70 (esquerda) – Resíduos de pequenos pedaços de madeira, triados e acondicionados em área central de cômodo, nos pavimentos superiores ao térreo; Foto 71 (centro) - Resíduos de madeiras de médias dimensões, triados e acondicionados junto a parede em cômodo, nos pavimentos superiores ao térreo; Foto 72 (direita) – Resíduos de

madeiras de grandes dimensões, triados e acondicionados junto a parede em cômodo, nos pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nesta etapa existe diferença em função do tamanho dos resíduos de madeira. Se forem pequenos pedaços de madeira, normalmente a coleta é feita para dentro de sacos de ráfia, sendo estes depois transportados horizontalmente e manualmente por funcionários. Se forem resíduos de madeira de média ou grande dimensão, a coleta é avulsa ou em feixes, manualmente, e o transporte é feito horizontalmente e manualmente por funcionários (fotos 73 e 74).



Foto 73 (esquerda) – Saco de ráfia com pequenos pedaços de madeira coletados e acondicionados dentro dele, nos pavimentos superiores ao térreo, aguardando transporte horizontal; Foto 74 (direita) – Transporte horizontal, e manualmente, de pequenos pedaços de madeira em saco de ráfia, nos pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** os resíduos de madeira são acondicionados intermediariamente em cômodos “abertos”/acessíveis a equipamentos do tipo “sky-trek”. Se forem de pequenas dimensões, dentro de sacos de ráfia. Se forem de média ou grande dimensão, de forma avulsa ou em feixes. Numa fase posterior, e independentemente do seu tamanho, todos são transportados para dentro de caixotão de madeira, para serem transportados verticalmente para o térreo pelo “sky-trek”. Se os resíduos de madeira forem excepcionalmente grandes e não couberem dentro do caixotão, são levados até o térreo por meio dos “garfos” do “sky-trek”.

- **Transporte vertical para o térreo:** seja dentro do caixotão de madeira seja nos garfos do “sky-trek”, o transporte vertical para o térreo é sempre executado por este tipo de equipamento.

- **Transporte horizontal no térreo:** se os resíduos de madeira tiverem sido gerados nos pisos superiores, é feito pelo equipamento tipo “sky-trek”. Se forem gerados no térreo, e se forem de pequenas dimensões, são transportados manualmente dentro de sacos de ráfia por funcionários. Os de média e grande dimensão são transportados horizontalmente no térreo em feixes ou de forma avulsa, até o local de armazenamento final (caçambas exclusivas para madeiras).

- **Armazenamento final no térreo:** A foto 75 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, os resíduos de madeira são armazenados em caçambas exclusivas para esse tipo de material.



Foto 75 – Armazenamento final de resíduos de madeira, em caçambas exclusivas para eles, no térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** A foto 76 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhões poliguindaste, com as respectivas lonas das caçambas cobertas, sendo que os transportadores preenchem as correspondentes CTR's (fichas de controle de transporte e recebimento).





Foto 76 – Resíduos de madeiras (classe B), sendo retirados de canteiro por caminhão poliguindaste (Fonte: o pesquisador, 2019)

### **PLÁSTICOS DUROS/RÍGIDOS:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores**  
**ao térreo:** as fotos 77, 78, 79 e 80 mostram essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, nesta etapa, os plásticos duros/rígidos costumam ser triados/segregados manualmente e acondicionados inicialmente nos pavimentos superiores em pequenas pilhas, seja nas áreas centrais dos cômodos seja junto a paredes, sendo depois transferidos para sacos de rafia ou em baldes.



Foto 77 (esquerda) – Tubulação de PVC triada/segregada e inicialmente acondicionada em pequenas pilhas, junto às paredes, nos pavimentos superiores ao térreo;  
Foto 78 (direita) – Tubo corrugado plástico triado/segregado e inicialmente acondicionado em pequenas pilhas, junto às paredes, nos pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)





Foto 79 (esquerda) – Tubo corrugado plástico já acondicionado, depois de transferido, em balde, nos pavimentos superiores ao térreo; Foto 80 (direita) – Materiais plásticos duros/rígidos já acondicionados, depois de transferidos, em saco de ráfia, nos pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pavimentos de cotas mais altas, e depois de coletados em baldes ou sacos de ráfia, os plásticos duros/rígidos são transportados manualmente por funcionários, até cômodo acessível a equipamento do tipo “sky-trek” que posteriormente os conduzirá ao térreo. Como são materiais leves, e ao nível do pavimento imediatamente acima do térreo, em vez disso, são diretamente transportados por funcionários, manualmente, até o térreo. Ver foto 81 a seguir.



Foto 81 – Resíduos de plásticos duros/rígidos, sendo transportados horizontalmente, nos pisos superiores ao térreo, por funcionário, de forma manual, até cômodo acessível a equipamento do tipo “sky-trek” (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pisos de cotas superiores, esse acondicionamento é feito em baldes ou sacos de ráfia, nos

cômodos acessíveis ao “sky-trek”, e depois transferidos para caixotão de madeira. Sendo materiais leves, e se for ao nível de um 1º andar (imediatamente acima do térreo), esta fase de acondicionamento intermediário não chega a existir pois eles são transportados manualmente por funcionários diretamente até o térreo.

- **Transporte vertical para o térreo:** seja nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotão de madeira, pelo equipamento tipo “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é feito manualmente por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito ou dentro de caixotões de madeira, pelo “sky-trek”, ou manualmente por funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** a foto 82 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles sofrem armazenamento final em bags, numa área do canteiro delimitada propositalmente para esse efeito.



Foto 82 – Armazenamento final de plástico duro em área delimitada para bags, no térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** A foto 83 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhão de caixa fechada, para coleta seletiva, por parte de uma empresa municipal.



Foto 83 – Retirada de canteiro de resíduos de plásticos duros/rígidos, por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (Fonte: o pesquisador, 2019)

## **PLÁSTICOS FINOS/MOLES:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** normalmente são inicialmente triados/segregados manualmente e acondicionados empilhados junto às paredes, nos cômodos dos pavimentos, esperando seu transporte.

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pavimentos de cotas mais altas, ou são coletados para dentro de sacos de ráfia e depois transportados horizontalmente, de forma manual, pelos funcionários, até cômodos acessíveis ao “sky-trek”, ou esse transporte é feito de forma avulsa até os mesmos, sem haver acondicionamento dentro desses sacos de ráfia. No pavimento imediatamente acima do térreo, normalmente são primeiro coletados para dentro de sacos de ráfia e transportados diretamente para o térreo, ou seja, já um transporte primeiramente na horizontal, no pavimento, mas simultaneamente vertical até o térreo, sem divisão de etapas nem acondicionamento intermediário.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** ao nível dos pisos de cotas superiores, esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek”, em pilhas, avulsamente, ou dentro de sacos de ráfia, esperando serem transferidos para caixotão de madeira; no pavimento imediatamente acima do térreo esta etapa de acondicionamento intermediário normalmente não chega a existir, já que transporte horizontal no pavimento e vertical em direção ao térreo são feitos de imediato, de seguida, dentro de sacos de ráfia.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotões de madeira, em sacos de ráfia ou avulsamente, e por meio do equipamento do tipo “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é feito manualmente, dentro de sacos de ráfia, por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito de forma manual, dentro de sacos de ráfia, ou de modo avulso, por funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** a foto 84 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles sofrem armazenamento final em bags, numa área do canteiro delimitada propositalmente para esse efeito.



Foto 84 – Armazenamento final de plástico fino/mole (classe B) em área delimitada para bags, no térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** A foto 85 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhão de caixa fechada, para coleta seletiva, por parte de uma empresa municipal.



Foto 85 – Retirada de canteiro de resíduos de plásticos finos/moles, por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (Fonte: o pesquisador, 2019)

#### **METAIS:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** normalmente ou é feito em pequenas pilhas, seja nas áreas centrais dos cômodos seja junto às paredes dos mesmos, ou de modo semelhante mas dentro de latas ou baldes vazios (fotos 86 e 87).



Foto 86 (esquerda) – Resíduos de pontas de aço, segregados/triados em pequenas pilhas, nos pavimentos superiores ao térreo; Foto 87 (direita) – Resíduos de pontas de aço e rede metálica, segregados/triados em pequenas pilhas, nos pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pavimentos de cotas mais altas, ou são coletados para dentro de latas ou baldes e depois transportados para cômodo acessível ao equipamento do tipo “sky-trek”, ou simplesmente são transportados de forma manual, em pequenos feixes, por funcionários, para esses mesmos cômodos. No pavimento imediatamente acima do térreo, são muitas vezes coletados para dentro de pequenas latas ou baldes, e de seguida já é feito quer seu

transporte horizontal no pavimento quer também o vertical para o térreo, manualmente, por funcionários.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** ao nível dos pisos de cotas superiores, ou esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek” em pilhas, de forma avulsa, esperando ser transferidos para o caixotão de madeira, ou é feito nesses mesmos cômodos mas dentro de pequenas latas ou baldes. No piso imediatamente acima do térreo não chega a existir acondicionamento intermediário.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotões de madeira, seja de forma avulsa ou em feixes, seja dentro de pequenas latas ou baldes, por meio do “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é feito manualmente, dentro de pequenas latas ou baldes, por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** normalmente é feito manualmente, em baldes ou latas vazias, ou avulsamente, em pequenos “feixes”, até os respectivos tambores metálicos, pelos funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** é feito em tambores metálicos de 200 litros, exclusivos para isso (foto 88).



Foto 88 – Armazenamento final em tambor metálico de 200 litros, no piso térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** os resíduos metálicos são vendidos a um sucateiro particular da região, e é ele que os retira de canteiro.

#### **ISOPOR:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** são inicialmente triados/segregados manualmente e acondicionados empilhados nas áreas centrais ou junto às paredes, nos cômodos dos pavimentos, e depois acondicionados em sacos de ráfia (fotos 89 e 90).



Foto 89 (esquerda) – Resíduos de isopor triados/segregados, junto às paredes dos cômodos, nos pisos superiores ao térreo; Foto 90 (direita) – Resíduos de isopor sendo acondicionados inicialmente em sacos de ráfia, nos pisos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pavimentos de cotas mais altas, são coletados para dentro de sacos de ráfia e depois transportados horizontalmente, de forma manual, pelos funcionários, até cômodos acessíveis ao “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo a coleta é semelhante, só que seguidamente eles são, numa única etapa apenas, transportados horizontalmente no piso e simultaneamente na vertical para o térreo, de forma manual, por funcionários.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** ao nível dos pisos de cotas superiores, esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek” em sacos de ráfia, esperando serem transferidos para o caixotão de madeira. No pavimento imediatamente acima do térreo esta etapa de acondicionamento intermediário normalmente não chega a existir, já que transporte horizontal no pavimento e vertical em direção ao térreo são feitos de imediato, de seguida.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotões de madeira, em sacos de ráfia, e por meio do equipamento do tipo “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é feito manualmente, dentro de sacos de ráfia, por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito de forma manual, dentro de sacos de ráfia, por funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** a foto 91 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles sofrem armazenamento final em bags, numa área do canteiro delimitada propositalmente para esse efeito.





Foto 91 – Armazenamento final de isopor (classe B) em área delimitada para bags, no térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** A foto 92 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhão de caixa fechada, para coleta seletiva, por parte de uma empresa municipal.

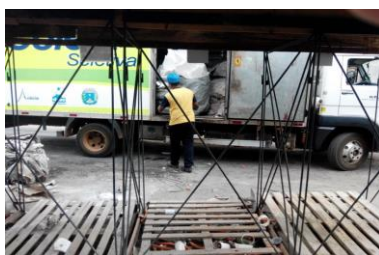


Foto 92 – Retirada de canteiro de resíduos de isopor (classe B), por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (Fonte: o pesquisador, 2019)

### PAPÉIS E PAPELÕES:

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** são triados/segregados manualmente e inicialmente acondicionados em pilhas, junto às paredes dos cômodos, sendo depois transferidos/acondicionados inicialmente dentro de sacos de cimento vazios (fotos 93 e 94).



Foto 93 (esquerda) – Resíduos de papelões segregados/triados em pilhas, junto às paredes, nos pavimentos superiores ao térreo; Foto 94 (direita) – Resíduos de papelões acondicionados dentro de sacos de cimento vazios (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pisos de cota mais alta os sacos de cimento vazios com papelões dentro são transportados horizontalmente, de modo manual, até cômodos abertos, acessíveis a equipamento do tipo “sky-trek”, esperando serem transferidos para dentro de caixotão de madeira; no piso imediatamente acima do térreo, deixa de haver acondicionamento intermediário e eles já são não apenas transportados manualmente e na horizontal no pavimento quanto também na vertical para o térreo.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pisos de cotas superiores, esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek”, dentro de sacos de cimento vazios, esperando serem transferidos para caixotão de madeira; no piso imediatamente acima do térreo, não existe acondicionamento intermediário.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotões de madeira, em sacos de cimento vazios, e por meio do equipamento do tipo “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é feito manualmente, dentro de sacos de cimento vazios, manualmente, por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito de forma manual, dentro de sacos de cimento vazios, por funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** a foto 95, a seguir, mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles sofrem armazenamento final em bags, numa área do canteiro delimitada propositalmente para esse efeito.



Foto 95 – Armazenamento final de papéis e papelões (classe B) em área delimitada para bags, no térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** A foto 96 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhão de caixa fechada, para coleta seletiva, por parte de uma empresa municipal.





Foto 96 – Retirada de canteiro de resíduos de papéis e papelões (classe B), por meio de caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (Fonte: o pesquisador, 2019)

### **SACARIAS:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** começam muitas vezes por serem triadas/segregadas manualmente e colocadas em pilhas em cômodo dos pavimentos superiores, sendo depois transferidas/acondicionadas dentro de outra sacaria maior.

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pavimentos de cotas mais altas, depois de acondicionadas dentro de uma outra sacaria maior são transportadas para cômodo acessível ao equipamento do tipo “sky-trek”, para depois serem transferidos para caixotão de madeira; no pavimento imediatamente acima do térreo, não chega a haver acondicionamento intermediário no pavimento, porque, em se tratando de materiais leves, depois de acondicionadas em sacaria maior são coletadas e faz-se numa fase só não só o transporte no pavimento quanto para o térreo também.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** ao nível dos pisos de cotas superiores, esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek”, dentro de sacaria de maior dimensão, esperando ser transferida para dentro de caixotão de madeira; no pavimento imediatamente acima do térreo esta etapa de acondicionamento intermediário normalmente não chega a existir.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotões de madeira, em sacaria de maiores dimensões, e por meio do equipamento do tipo “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é feito manualmente, dentro de sacaria de maiores dimensões, manualmente, por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito de forma manual, dentro de sacaria de maior dimensão, por funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** a foto 97 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles sofrem armazenamento final em bags, numa área do canteiro delimitada propositalmente para esse efeito.



Foto 97 – Armazenamento final de sacarias (classe B) em área delimitada para bags, no térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** A foto 98 mostra essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles são retirados de canteiro por meio de caminhão de caixa fechada, para coleta seletiva, por parte de uma empresa municipal.



Foto 98 – Retirada de canteiro de sacarias (classe B), por caminhão de caixa fechada, pertencente a empresa municipal de coleta seletiva (Fonte: o pesquisador, 2019)

**VIDROS:** Não há produção significativa de resíduos de vidro na obra.

### 5.3.3.1.3 CLASSE C

A resolução CONAMA nº 307/2002 e suas revisões não são muito claras no fornecimento de exemplos de resíduos deste tipo. Para elas, são todos aqueles para os quais ainda não tenham sido desenvolvidas tecnologias economicamente viáveis para a respectiva reciclagem, e que por outro lado não se constituam como resíduos perigosos, que são os da classe D. Assim, entende-se que se possam enquadrar nesta classe resíduos NÃO CONTAMINADOS tais como restos de uniformes rasgados, botas de obra inutilizáveis, e outros desse tipo.

Simplificando, dizer que não são tipos de resíduos com produção significativa dentro da obra 1, no entanto foi possível verificar que depois de conduzidos ao térreo são sujeitos a armazenamento final dentro de caixas de rede metálica específicas para este tipo de materiais, não havendo no entanto registro de retirada de obra dos mesmos. Permaneceu difusa portanto esta última etapa quanto aos resíduos desta classe.

#### **5.3.3.1.4 RESÍDUOS DE LOGÍSTICA REVERSA (pilhas e baterias, pneus inservíveis, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio ou mercúrio e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, outros)**

De acordo com o próprio Engenheiro Gerente de Obra, a obra 1 não procede à logística reversa dos seus resíduos deste tipo. No entanto foi ainda possível seguir as etapas de manejo de um tipo específico de resíduos que a Lei Federal nº 12.305/2010 enquadra nesta categoria e que são os pneus inservíveis, **mas apenas dentro dos limites do canteiro de obra.**

##### **PNEUS INSERVÍVEIS:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** são inicialmente triados/segregados manualmente e acondicionados empilhados em cômodo, junto às paredes (foto 99).



Foto 99 – Triagem/segregação inicial de pneus inservíveis, em pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** são coletados nos pavimentos superiores ao térreo e transportados horizontalmente nos mesmos até cômodos com acesso a equipamento do tipo “sky-trek”, por meio de jericas/carrinhos de mão (foto 100).



Foto 100 – Coleta e transporte inicial horizontal de pneus inservíveis, nos pavimentos superiores ao térreo (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek”, em pilhas,

junto às paredes desses mesmos cômodos, esperando serem transferidos para caixotão de madeira.



Foto 101 – Fase imediatamente anterior ao acondicionamento dos pneus inservíveis nos cômodos acessíveis aos equipamentos do tipo “sky-trek” (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Transporte vertical para o térreo:** é feito dentro de caixotões de madeira, colocados nas beiradas dos mesmos, e por meio do equipamento do tipo “sky-trek”.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito pelos funcionários, por meio de jericas/carrinhos de mão.

- **Armazenamento final no térreo:** aos pneus inservíveis são armazenados no térreo em caixas com gradeamentos metálicos, específicas para esses e outros materiais diferenciados.

- **Retirada do canteiro:** não ficou claro, durante as observações não interventivas como essa retirada se processava e quem era responsável pela mesma.

#### **5.3.3.1.5 CLASSE D (PERIGOSOS)**

**RESÍDUOS PERIGOSOS (CLASSE D):** tirando o fato de que o Engenheiro Gerente de Obra afirmou que os instrumentos aplicadores de tintas e solventes, tais como brochas e pincéis são, no final das respectivas tarefas, bem lavados em grandes recipientes cheios de água existentes para o efeito, e de modo que fiquem isentos desse tipo de materiais perigosos, não ficou claro quais os procedimentos usuais de manejo deste tipo de resíduos dentro do canteiro da obra 1.

#### **5.3.3.1.6 REJEITOS**

##### **MATERIAIS ORGÂNICOS:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** não existe uma quantidade minimamente significativa deste tipo de resíduos nos

pavimentos superiores , até porque os funcionários são muito bem servidos na obra em termos de banheiros, refeitório, e todo o tipo de áreas de vivência.

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** acaba não existindo, praticamente.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** acaba não existindo, também.

- **Transporte vertical para o térreo:** uma vez mais acaba não existindo.

- **Coleta e Transporte horizontal no térreo:** é feito de forma manual, dentro de sacos de plástico negros, tipo sacos de lixo normais (foto 102).



Foto 102 – Coleta para posterior transporte manual, no térreo, e dentro de sacos de lixo comuns, de rejeitos orgânicos – neste caso com algum grau de contaminação (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Armazenamento final no térreo:** é feito dentro de cômodo específico para esse efeito (foto 103).



Foto 103 – Armazenamento final no térreo, de rejeitos orgânicos, em cômodo específico para esse efeito (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** é feita pelos caminhões de lixo comuns da prefeitura municipal.

### **5.3.4 MATRIZES AHP PREENCHIDAS POR DECISORES DA OBRA 1**

Nas figuras a seguir apresentam-se essas mesmas matrizes preenchidas.

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 3,00        | 1,00           | 0,20           | 1,00             | 0,50             |
| CR. SOCIAIS  | 0,33           | 1,00        | 0,33           | 0,25           | 0,25             | 1,00             |
| CR. ECONÔMICOS   | 1,00           | 3,00        | 1,00           | 0,50           | 1,00             | 1,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 5,00           | 4,00        | 2,00           | 1,00           | 2,00             | 1,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 1,00           | 4,00        | 1,00           | 0,50           | 1,00             | 3,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 2,00           | 1,00        | 1,00           | 1,00           | 0,33             | 1,00             |

Figura 554 – Preenchimento matriz nível 2 - classes de critérios, decisor 6 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 5,00                 | 5,00                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 0,20                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 0,20                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 555 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 6 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 0,50                                       | 0,25                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 2,00                            | 1,00                                       | 0,20                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 4,00                            | 5,00                                       | 1,00                              |

Figura 556 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 6 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 2,00                          | 4,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,50                           | 1,00                          | 5,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,25                           | 0,20                          | 1,00                         |

Figura 557 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 6 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 6,00  | 6,00  | 6,00                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 0,17                                 | 1,00  | 5,00  | 4,00                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 0,17                                 | 0,20  | 1,00  | 2,00                                | 0,50  | 0,14   | 0,14                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,17                                 | 0,25  | 0,50  | 1,00                                | 0,25  | 0,50   | 0,50                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 1,00                                 | 1,00  | 2,00  | 4,00                                | 1,00  | 0,50   | 0,50                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 1,00                                 | 1,00  | 7,00  | 2,00                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 1,00                                 | 1,00  | 7,00  | 2,00                                | 2,00  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 558 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 6 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 0,14  | 1,00  | 1,00                     | 0,20                                  | 0,50                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 7,00                          | 1,00  | 1,00  | 1,00                     | 0,17                                  | 0,50                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 1,00  | 1,00  | 0,50                     | 0,13                                  | 0,50                | 0,50   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 1,00                          | 1,00  | 2,00  | 1,00                     | 0,25                                  | 0,50                | 1,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 5,00                          | 6,00  | 8,00  | 4,00                     | 1,00                                  | 5,00                | 3,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 2,00                          | 2,00  | 2,00  | 2,00                     | 0,20                                  | 1,00                | 0,50   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1,00                          | 1,00  | 2,00  | 1,00                     | 0,33                                  | 2,00                | 1,00   |

Figura 559 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 6 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS REICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 0,20   | 4,00                       | 3,00   | 0,50                             | 2,00                     | 2,00                                   | 4,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 5,00                                  | 1,00   | 2,00                       | 4,00   | 3,00                             | 2,00                     | 4,00                                   | 5,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 0,25                                  | 0,50   | 1,00                       | 4,00   | 0,25                             | 2,00                     | 4,00                                   | 5,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'; USINAS REICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,33                                  | 0,25   | 0,25                       | 1,00   | 0,25                             | 1,00                     | 2,00                                   | 3,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 2,00                                  | 0,33   | 4,00                       | 4,00   | 1,00                             | 4,00                     | 5,00                                   | 6,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 0,50                                  | 0,50   | 0,50                       | 1,00   | 0,25                             | 1,00                     | 4,00                                   | 3,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 0,50                                  | 0,25   | 0,25                       | 0,50   | 0,20                             | 0,25                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 0,25                                  | 0,20   | 0,20                       | 0,33   | 0,17                             | 0,33                     | 1,00                                   | 1,00                       |

Figura 560 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 6 (Fonte: o pesquisador, 2019)



| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 1,00        | 0,50           | 1,00           | 1,00             | 0,50             |
| CR. SOCIAIS  | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 2,00           | 1,00             | 0,50             |
| CR. ECONÔMICOS   | 2,00           | 1,00        | 1,00           | 1,00           | 2,00             | 3,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 1,00           | 0,50        | 1,00           | 1,00           | 1,00             | 0,50             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 1,00           | 1,00        | 0,50           | 1,00           | 1,00             | 2,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 2,00           | 2,00        | 0,33           | 2,00           | 0,50             | 1,00             |

Figura 561 – Preenchimento matriz nível 2 - classes de critérios, decisor 7 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESvantagens AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,20                 | 0,20                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 5,00                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESvantagens AMBIENTAIS   | 5,00                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 562 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 7 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 3,00                                       | 5,00                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 0,33                            | 1,00                                       | 0,33                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 0,20                            | 3,00                                       | 1,00                              |

Figura 563 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 7 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 2,00                          | 1,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,50                           | 1,00                          | 1,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 1,00                          | 1,00                         |

Figura 564 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 7 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 0,50  | 0,25  | 2,00                                | 3,00  | 0,33   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 2,00                                 | 1,00  | 0,25  | 2,00                                | 2,00  | 1,00   | 2,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 4,00                                 | 4,00  | 1,00  | 2,00                                | 2,00  | 2,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,50                                 | 0,50  | 0,50  | 1,00                                | 0,50  | 0,25   | 2,00                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 0,33                                 | 0,50  | 0,50  | 2,00                                | 1,00  | 0,50   | 2,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 3,00                                 | 1,00  | 0,50  | 4,00                                | 2,00  | 1,00   | 3,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 1,00                                 | 0,50  | 1,00  | 0,50                                | 0,50  | 0,33   | 1,00                            |

Figura 565 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 7 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 4,00  | 1,00  | 0,33                     | 3,00                                  | 1,00                | 3,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,25                          | 1,00  | 0,33  | 0,33                     | 3,00                                  | 1,00                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 3,00  | 1,00  | 1,00                     | 3,00                                  | 5,00                | 5,00   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 3,00                          | 3,00  | 1,00  | 1,00                     | 3,00                                  | 5,00                | 1,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 0,33                          | 0,33  | 0,33  | 0,33                     | 1,00                                  | 0,33                | 1,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 1,00                          | 1,00  | 0,20  | 0,20                     | 3,00                                  | 1,00                | 1,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 0,33                          | 1,00  | 0,20  | 1,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 1,00   |

Figura 566 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 7 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'S; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 3,00   | 3,00                       | 7,00  | 1,00                             | 5,00                     | 7,00                                   | 9,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 0,33                                  | 1,00   | 0,33                       | 5,00  | 0,20                             | 3,00                     | 5,00                                   | 5,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 0,33                                  | 3,00   | 1,00                       | 9,00  | 3,00                             | 5,00                     | 7,00                                   | 7,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'S; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,14                                  | 0,20   | 0,11                       | 1,00  | 0,20                             | 0,33                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 1,00                                  | 5,00   | 0,33                       | 5,00  | 1,00                             | 5,00                     | 5,00                                   | 5,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 0,20                                  | 0,33   | 0,20                       | 3,00  | 0,20                             | 1,00                     | 3,00                                   | 3,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 0,14                                  | 0,20   | 0,14                       | 1,00  | 0,20                             | 0,33                     | 1,00                                   | 3,00                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 0,11                                  | 0,20   | 0,14                       | 1,00  | 0,20                             | 0,33                     | 0,33                                   | 1,00                       |

Figura 567 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 7 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 1,00        | 0,50           | 1,00           | 0,33             | 0,33             |
| CR. SOCIAIS  | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 1,00           | 0,33             | 0,33             |
| CR. ECONÔMICOS   | 2,00           | 1,00        | 1,00           | 0,14           | 0,33             | 0,20             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 1,00           | 1,00        | 7,00           | 1,00           | 1,00             | 0,50             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 3,00           | 3,00        | 3,00           | 1,00           | 1,00             | 1,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 3,00           | 3,00        | 5,00           | 2,00           | 1,00             | 1,00             |

Figura 568 – Preenchimento matriz nível 2 - classes de critérios, decisor 8 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 0,33                 | 0,33                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 3,00                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 3,00                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 569 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 8 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 1,00                                       | 0,50                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 1,00                            | 1,00                                       | 1,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 2,00                            | 1,00                                       | 1,00                              |

Figura 570 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 8 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 7,00                          | 7,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,14                           | 1,00                          | 1,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,14                           | 1,00                          | 1,00                         |

Figura 571 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 8 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 0,17  | 0,17  | 2,00                                | 4,00  | 0,25   | 0,25                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 6,00                                 | 1,00  | 4,00  | 2,00                                | 4,00  | 0,50   | 0,50                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 6,00                                 | 0,25  | 1,00  | 2,00                                | 4,00  | 0,50   | 0,50                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 0,50                                 | 0,50  | 0,50  | 1,00                                | 3,00  | 0,20   | 0,20                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 0,25                                 | 0,25  | 0,25  | 0,33                                | 1,00  | 0,20   | 0,20                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 4,00                                 | 2,00  | 2,00  | 5,00                                | 5,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 4,00                                 | 2,00  | 2,00  | 5,00                                | 5,00  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 572 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 8 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 3,00  | 0,33  | 0,20                     | 0,20                                  | 0,33                | 0,33   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,33                          | 1,00  | 0,14  | 0,14                     | 0,11                                  | 0,14                | 0,14   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 3,00                          | 7,00  | 1,00  | 0,33                     | 0,20                                  | 0,33                | 0,33   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 5,00                          | 7,00  | 3,00  | 1,00                     | 1,00                                  | 0,33                | 1,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 5,00                          | 9,00  | 5,00  | 1,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 3,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 3,00                          | 7,00  | 3,00  | 3,00                     | 1,00                                  | 1,00                | 3,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 3,00                          | 7,00  | 3,00  | 1,00                     | 0,33                                  | 0,33                | 1,00   |

Figura 573 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 8 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS   |                                       |  |                            |  |                                  |                          |  |                            |
|--|---------------------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|  | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT' s; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS  | 1,00                                  | 0,50   | 0,25                       | 1,00   | 4,00                             | 4,00                     | 4,00                                   | 0,50                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO   | 2,00                                  | 1,00   | 5,00                       | 5,00   | 5,00                             | 5,00                     | 5,00                                   | 5,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE   | 4,00                                  | 0,20   | 1,00                       | 3,00   | 1,00                             | 1,00                     | 3,00                                   | 1,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT' s; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 1,00                                  | 0,20   | 0,33                       | 1,00   | 1,00                             | 3,00                     | 3,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA   | 0,25                                  | 0,20   | 1,00                       | 1,00   | 1,00                             | 1,00                     | 2,00                                   | 0,33                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC   | 0,25                                  | 0,20   | 1,00                       | 0,33   | 1,00                             | 1,00                     | 2,00                                   | 0,50                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS   | 0,25                                  | 0,20   | 0,33                       | 0,33   | 0,50                             | 0,50                     | 1,00                                   | 0,33                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS   | 2,00                                  | 0,20   | 1,00                       | 1,00   | 3,00                             | 2,00                     | 3,00                                   | 1,00                       |

Figura 574 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 8 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 3,00        | 0,25           | 0,25           | 3,00             | 5,00             |
| CR. SOCIAIS  | 0,33           | 1,00        | 0,14           | 0,20           | 0,33             | 3,00             |
| CR. ECONÔMICOS   | 4,00           | 7,00        | 1,00           | 0,33           | 5,00             | 5,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 4,00           | 5,00        | 3,00           | 1,00           | 9,00             | 9,00             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 0,33           | 3,00        | 0,20           | 0,11           | 1,00             | 3,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 0,20           | 0,33        | 0,20           | 0,11           | 0,33             | 1,00             |

Figura 575 – Preenchimento matriz nível 2 - classes de critérios, decisor 9 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 3,00                 | 3,00                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 0,33                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 0,33                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 576 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 9 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 4,00                                       | 6,00                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 0,25                            | 1,00                                       | 4,00                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 0,17                            | 0,25                                       | 1,00                              |

Figura 577 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 9 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 5,00                          | 7,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,20                           | 1,00                          | 3,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,14                           | 0,33                          | 1,00                         |

Figura 578 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 9 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 0,50  | 0,50  | 1,00                                | 1,00  | 2,00   | 2,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 2,00                                 | 1,00  | 0,50  | 2,00                                | 0,50  | 0,50   | 0,50                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 2,00                                 | 2,00  | 1,00  | 2,00                                | 0,50  | 0,50   | 0,50                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 1,00                                 | 0,50  | 0,50  | 1,00                                | 0,50  | 0,33   | 0,33                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 1,00                                 | 2,00  | 2,00  | 2,00                                | 1,00  | 2,00   | 2,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 0,50                                 | 2,00  | 2,00  | 3,00                                | 0,50  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 0,50                                 | 2,00  | 2,00  | 3,00                                | 0,50  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 579 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 9

(Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 2,00  | 1,00  | 0,50                     | 0,50                                  | 0,50                | 2,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,50                          | 1,00  | 0,50  | 2,00                     | 0,50                                  | 0,50                | 0,50   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 2,00  | 1,00  | 2,00                     | 0,50                                  | 0,50                | 0,50   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 2,00                          | 0,50  | 0,50  | 1,00                     | 0,50                                  | 0,50                | 2,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 2,00                          | 2,00  | 2,00  | 2,00                     | 1,00                                  | 2,00                | 1,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 2,00                          | 2,00  | 2,00  | 2,00                     | 0,50                                  | 1,00                | 1,00   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 0,50                          | 2,00  | 2,00  | 0,50                     | 1,00                                  | 1,00                | 1,00   |

Figura 580 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 9

(Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'º; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 0,13   | 0,25                       | 6,00  | 2,00                             | 0,25                     | 2,00                                   | 2,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 8,00                                  | 1,00   | 8,00                       | 8,00  | 8,00                             | 8,00                     | 8,00                                   | 8,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 4,00                                  | 0,13   | 1,00                       | 6,00  | 4,00                             | 0,50                     | 4,00                                   | 2,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT'º; USINAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,17                                  | 0,13   | 0,17                       | 1,00  | 0,33                             | 0,20                     | 1,00                                   | 0,20                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 0,50                                  | 0,13   | 0,25                       | 3,00  | 1,00                             | 0,20                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 4,00                                  | 0,13   | 2,00                       | 5,00  | 5,00                             | 1,00                     | 7,00                                   | 5,00                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 0,50                                  | 0,13   | 0,25                       | 1,00  | 1,00                             | 0,14                     | 1,00                                   | 0,33                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 0,50                                  | 0,13   | 0,50                       | 5,00  | 1,00                             | 0,20                     | 3,00                                   | 1,00                       |

Figura 581 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 9 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| NÍVEL 2 : NÍVEL DAS "CLASSES" DE CRITÉRIOS   |                |             |                |                |                  |                  |
|--|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| META - MELHORAR / OTIMIZAR O GERENCIAMENTO DE RCC/RCD EM CANTEIROS CIVIS VERTICAIS |                |             |                |                |                  |                  |
|  | CR. AMBIENTAIS | CR. SOCIAIS | CR. ECONÔMICOS | CR. LEGISLAÇÃO | CR. ESTRATÉGICOS | CR. OPERACIONAIS |
| CR. AMBIENTAIS   | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 2,00           | 0,50             | 0,50             |
| CR. SOCIAIS  | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 0,50           | 0,50             | 1,00             |
| CR. ECONÔMICOS   | 1,00           | 1,00        | 1,00           | 2,00           | 2,00             | 1,00             |
| CR. LEGISLAÇÃO   | 0,50           | 2,00        | 0,50           | 1,00           | 1,00             | 0,33             |
| CR. ESTRATÉGICOS   | 2,00           | 2,00        | 0,50           | 1,00           | 1,00             | 2,00             |
| CR. OPERACIONAIS   | 2,00           | 1,00        | 1,00           | 3,00           | 0,50             | 1,00             |

Figura 582 – Preenchimento matriz nível 2 - classes de critérios, decisor 10 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" AMBIENTAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |                      |                         |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
|   | POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA | VANTAGENS AMBIENTAIS | DESVANTAGENS AMBIENTAIS |
| POLÍTICA AMBIENTAL DA EMPRESA   | 1,00                          | 1,00                 | 0,50                    |
| VANTAGENS AMBIENTAIS  | 1,00                          | 1,00                 | 1,00                    |
| DESVANTAGENS AMBIENTAIS   | 2,00                          | 1,00                 | 1,00                    |

Figura 583 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios ambientais, decisor 10 (Fonte: o pesquisador, 2019)



| "CRITÉRIOS" SOCIAIS - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                 |  |                                   |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA | POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA | EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS |
| CONDIÇÕES DE VIZINHANÇA DA OBRA                                      | 1,00                            | 0,33                                       | 0,33                              |
| POLÍTICA DE RESPONSABIL. SOCIAL DA EMPRESA                           | 3,00                            | 1,00                                       | 0,50                              |
| EXISTÊNCIA DE INCENTIVOS/ PRÊMIOS                                    | 3,00                            | 2,00                                       | 1,00                              |

Figura 584 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios sociais, decisor 10 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" DE LEGISLAÇÃO - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                |                               |                              |
|--|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC | LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC |
| LEGISLAÇÃO MUNICIPAL SOBRE RCC   | 1,00                           | 3,00                          | 7,00                         |
| LEGISLAÇÃO ESTADUAL SOBRE RCC  | 0,33                           | 1,00                          | 3,00                         |
| LEGISLAÇÃO FEDERAL SOBRE RCC   | 0,14                           | 0,33                          | 1,00                         |

Figura 585 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios de legislação, decisor 10 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ESTRATÉGICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                                      |   |   |                                     |   |  |                                 |
|--|--------------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
|  | GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO | GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA | GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL | GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS | IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO | DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM) | DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABIL. |
| GRAU DE COMPROMISSO DA ADMINISTRAÇÃO   | 1,00                                 | 0,20  | 0,33  | 1,00                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DO GERENTE E MESTRE DE OBRA                                    | 5,00                                 | 1,00  | 1,00  | 3,00                                | 3,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS FUNCIONÁRIOS EM GERAL                                      | 3,00                                 | 1,00  | 1,00  | 1,00                                | 5,00  | 1,00   | 1,00                            |
| GRAU DE COMPROMISSO DOS PROJETISTAS  | 1,00                                 | 0,33  | 1,00  | 1,00                                | 0,50  | 1,00   | 1,00                            |
| IMPORTANCIA DADA PELA ADMINISTRAÇÃO À REPUTAÇÃO                                    | 1,00                                 | 0,33  | 0,20  | 2,00                                | 1,00  | 1,00   | 2,00                            |
| DEFINIÇÃO DE METAS (REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM)                             | 1,00                                 | 1,00  | 1,00  | 1,00                                | 1,00  | 1,00   | 1,00                            |
| DEFINIÇÃO CLARA DE RESPONSABILIDADES   | 1,00                                 | 1,00  | 1,00  | 1,00                                | 0,50  | 1,00   | 1,00                            |

Figura 586 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios estratégicos, decisor 10 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" OPERACIONAIS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS |                               |   |   |                          |                                       |                     |  |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|--|
|  | MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO | EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS | EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS | PERIODICIDADE NA TRIAGEM | HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS | INSTANTE DA TRIAGEM | LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO |
| MELHORIA ORGANIZAÇÃO CANTEIRO  | 1,00                          | 3,00  | 1,00  | 1,00                     | 0,50                                  | 1,00                | 1,00   |
| EQUIPAMENTOS TRANSPORTE INTERNO DISPONÍVEIS  | 0,33                          | 1,00  | 2,00  | 0,50                     | 0,33                                  | 0,33                | 0,20   |
| EQUIPAMENTOS ACONDICIONAMENTO INTERNO DISPONÍVEIS                                  | 1,00                          | 0,50  | 1,00  | 0,33                     | 0,20                                  | 0,33                | 0,20   |
| PERIODICIDADE NA TRIAGEM   | 1,00                          | 2,00  | 3,00  | 1,00                     | 0,50                                  | 0,33                | 1,00   |
| HABILID /TREINAMENTO DOS FUNCIONÁRIOS  | 2,00                          | 3,00  | 5,00  | 2,00                     | 1,00                                  | 3,00                | 3,00   |
| INSTANTE DA TRIAGEM  | 1,00                          | 3,00  | 3,00  | 3,00                     | 0,33                                  | 1,00                | 0,33   |
| LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE ACONDICIONAMENTO                                   | 1,00                          | 5,00  | 5,00  | 1,00                     | 0,33                                  | 3,00                | 1,00   |

Figura 587 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios operacionais, decisor 10  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

| "CRITÉRIOS" ECONÔMICOS - MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAR A PAR ENTRE SEUS SUB-CRITÉRIOS  |                                       |  |                            |   |                                  |                          |  |                            |
|---|---------------------------------------|--|----------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------------|
|   | RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS | DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO | BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE | DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT';; USIMAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA | QUANTIDADE GERADA DE RCC | FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS | COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS |
| RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS EFETUADOS   | 1,00                                  | 0,33   | 0,33                       | 3,00  | 3,00                             | 3,00                     | 3,00                                   | 1,00                       |
| DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO  | 3,00                                  | 1,00   | 3,00                       | 5,00  | 3,00                             | 3,00                     | 5,00                                   | 5,00                       |
| BENEFÍCIO NA PRODUTIVIDADE  | 3,00                                  | 0,33   | 1,00                       | 3,00  | 3,00                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| DISTÂNCIA ÀS INFRAESTRUTURAS EXTERNAS DE APOIO + PRÓXIMAS ( ATT';; USIMAS RECICL. RCC CLASSE A; ATERROS RESERV. RCC CLASSE A) | 0,33                                  | 0,20   | 0,33                       | 1,00  | 0,50                             | 1,00                     | 1,00                                   | 1,00                       |
| CAPACIDADE FINANCEIRA DA EMPRESA  | 0,33                                  | 0,33   | 0,33                       | 2,00  | 1,00                             | 1,00                     | 0,50                                   | 2,00                       |
| QUANTIDADE GERADA DE RCC  | 0,33                                  | 0,33   | 1,00                       | 1,00  | 1,00                             | 1,00                     | 2,00                                   | 0,50                       |
| FACILIDADE EM VENDER OS RCC RECICLADOS  | 0,33                                  | 0,20   | 1,00                       | 1,00  | 2,00                             | 0,50                     | 1,00                                   | 0,33                       |
| COMPOSIÇÃO DOS RCC GERADOS  | 1,00                                  | 0,20   | 1,00                       | 1,00  | 0,50                             | 2,00                     | 3,00                                   | 1,00                       |

Figura 588 – Preenchimento matriz nível 3 - subcritérios econômicos, decisor 10  
(Fonte: o pesquisador, 2019)

### 5.3.5 DOCUMENTAÇÃO E REGISTROS DA OBRA 1

#### 5.3.5.1 PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (PGRCC) DA OBRA 1

Durante o estudo de caso efetuado na obra 1, foi possível ter acesso a alguns documentos e registros da construtora para aquela obra em específico, e relacionados com o gerenciamento dos RCC no respectivo canteiro, apresentando-se alguns exemplos nos itens seguintes.

A construtora solicitou a consultoria de uma empresa externa para a elaboração do referido documento, sendo de destacar que o mesmo **faz a previsão da geração total de resíduos por classes para o total da obra, bem como essa previsão por etapas de execução dos trabalhos**, conforme as figuras 484 e 485. Essa previsão é baseada numa dissertação de mestrado de Salomon Levy, de 1997, e que é citada por Santos em 2009. Dado que a dissertação de Levy é anterior ao ano de 2002, ela não consta do banco de dissertações e teses da EESC USP de São Carlos montada a partir desse ano de 2002, e seu acesso fica mais restrito. Ainda assim o pesquisador diligenciou no sentido de obter cópia do trabalho acadêmico de Levy, começando por contatar telefonicamente aquele que era seu orientador à época da dissertação, o qual teve a gentileza de nos fornecer o e-mail do Professor Dr. Salomon Levy. Entrou-se em contato por e-mail com o mesmo, solicitando cópia do referido trabalho acadêmico, mas não se obteve resposta. Desconhece-se assim em profundidade a base de raciocínio que o autor desenvolve para que se possa chegar aos resultados apresentados pela consultora, com base em Santos (2009).

| Tipo de Resíduo        | Volume gerado (m <sup>3</sup> ) | Nº de Caçambas/bags estimados |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| CLASSE A               | 1298,16                         | 432,72                        |
| SOLO                   | 434,16                          | 144,72                        |
| CLASSE B (madeira)     | 216,00                          | 72,00                         |
| CLASSE B (Gesso)       | 108,00                          | 36,00                         |
| CLASSE B (Resicláveis) | 64,80                           | 64,80                         |
| CLASSE C               | 21,60                           | 7,20                          |
| CLASSE D               | 6,48                            | 2,16                          |
| Res. Org               | 8,64                            | 2,16                          |
| EPIs                   | 2,16                            | 1,00                          |

Figura 589 – Previsão quantitativa de geração de resíduos na construção da obra 1  
(Fonte: adaptado de Levy 1997, apud Santos 2009)

| Fase       | Classe A (m <sup>3</sup> ) | Classe B (m <sup>3</sup> ) | Classe C (m <sup>3</sup> ) | Classe D (m <sup>3</sup> ) |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Fundação   | 498,01                     | 52,10                      | 2,55                       | 0,48                       |
| Estrutura  | 259,73                     | 142,69                     | 5,21                       | 0,48                       |
| Alvenaria  | 685,78                     | 96,81                      | 7,95                       | 0,48                       |
| Acabamento | 288,80                     | 96,81                      | 5,90                       | 7,19                       |

Figura 590 – Estimativa de geração de resíduos por fase da obra 1 (Fonte: adaptado de Levy 1997, apud Santos 2009)

De destacar também que o PGRCC da obra 1 elaborado pela consultora externa traça uma matriz clara de responsabilidades dos vários intervenientes no gerenciamento dos RCC na obra 1, conforme mostra a figura 591.

| Atividades   | Engenheiro | Estagiário | Téc. Segurança | Almoxarife | Mestre de obras | Equipe obra interna | Equipe obra externa | Ecohealth |
|--|------------|------------|----------------|------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|
| Construção física dos suportes de bags, das baias e ADT.                                       |            |            |                |            | C               | P                   | C                   |           |
| Alocação e troca dos bags quando cheios.   |            |            |                |            | C               | P                   | C                   |           |
| Identificação das Baias e Bags   | C          | C          | C              |            | P               |                     |                     |           |
| Segregação e acondicionamento dos resíduos gerados nos locais previamente determinados.        | C          | C          | C              | C          | C               | P                   | P                   |           |
| Solicitação de retirada dos resíduos pelos transportadores terceiros qualificados              | C          | C          | C              | P          | C               |                     |                     |           |
| Preenchimento da CTR da obra   |            | C          | C              | P          |                 |                     |                     |           |
| Acondicionamento dos EPIS contaminados   |            |            | C              | P          |                 |                     |                     |           |
| Fiscalização se os resíduos estão sendo transportado por empresas qualificadas.                | P          | C          | C              | C          | C               |                     |                     | C         |
| Fiscalização se os resíduos estão sendo destinadas para locais qualificados.                   | P          | C          | C              | C          | C               |                     |                     | C         |
| Fiscalização diária do acondicionamento e segregação dos resíduos na obra.                     | C          | C          | C              | C          | P               |                     |                     |           |
| Coordenação e fiscalização geral das ações do PGRCC na obra para sua efetiva operacionalização | P          | C          | C              |            |                 |                     |                     |           |
| Tratamento de não-conformidades  | P          | C          | C              | C          | C               | C                   | C                   |           |
| Ações corretivas e preventiva  | P          | C          | C              |            | C               |                     |                     | C         |
| Treinamentos   | C          |            |                |            |                 |                     |                     | P         |

LEGENDA:                    **P** - RESPONSABILIDADE PRINCIPAL      **C** - CO - RESPONSABILIDADE

Figura 591 – Matriz de responsabilidades dos colaboradores da obra 1 no que refere ao gerenciamento dos RCC (Fonte: pesquisador 2019)

O documento apresenta ainda um organograma de como se estabelece o relacionamento hierárquico entre a consultora externa que elaborou o documento e a equipe da obra 1, conforme a figura 592.

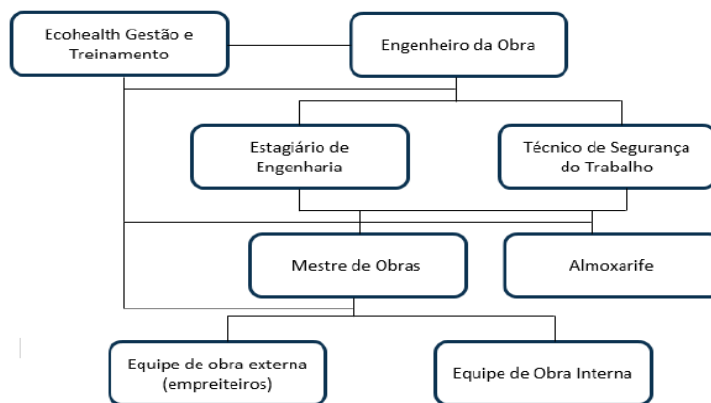


Figura 592 – Organograma da equipe técnica responsável pelo gerenciamento dos RCC na obra 1 (Fonte: pesquisador 2019)

As figuras 593, 594 e 595 apresentam excertos de texto do PGRCC da obra 1 que descrevem a forma como resíduos de construção civil devem ser geridos em canteiro, por parte da construtora.

“.....Metas e Diretrizes do PGRCC.....Redução dos resíduos significa não produzi-los. Reduzindo a quantidade de resíduos gerados, economizar-se-á em compras, alienações e os custos de reciclagem. Com o desafio de reduzir a geração de resíduos, destiná-los de forma sustentável e aumentar as ações de reutilização e reciclagem de resíduos, a construtora visou nesta obra alcançar tais metas e diretrizes:.....”

- Implantar e acompanhar, durante toda a obra, o gerenciamento dos resíduos, desde a geração inicial até sua deposição final;
- Estabelecer e manter procedimentos para identificar os aspectos ambientais (relativos à geração de resíduos) de suas atividades, produtos ou serviços, a fim de determinar aqueles que tenham ou possam ter impactos significativos sobre o meio ambiente;
- Determinar como reduzir a quantidade de resíduos que são produzidos e quais resíduos podem ser reutilizados ou reciclados;
- Destinar corretamente 100% dos resíduos gerados na obra;
- Implantar o processo de reciclagem de resíduos de classe A e B;
- Cumprir todas as legislações ambientais referentes ao gerenciamento de RCC;
- Criar mecanismos de educação ambiental continuada para os colaboradores da obra;
- Reduzir os custos relacionados ao gerenciamento/tratamento dos resíduos inevitavelmente gerados;
- Reduzir a ocorrência de áreas impactadas pela disposição inadequada de RCC;
- Reduzir os riscos ambientais e ocupacionais relacionados às atividades de gerenciamento de resíduo/áreas impactadas;
- Justificar o investimento realizado no gerenciamento dos resíduos;
- Trabalhar a sustentabilidade por meio da correta operacionalização do tripé: economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente adequado;
- Dar o devido valor aos recursos humanos como parte essencial para o sucesso do projeto;
- e
- Elaboração de fluxogramas com entradas e saídas de material durante a obra;

Figura 593 – Metas e Diretrizes do gerenciamento de RCC estipuladas pelo PGRCC da obra 1 (Fonte: pesquisador 2019)

#### 8.4.1 Minimização dos Resíduos:

Na construção os empreiteiros serão instruídos a trabalharem com cautela, visando reduzir ao máximo perdas de materiais por descuidos, evitando a quebras e perdas de blocos, alvenarias, pisos, revestimentos e demais materiais de construção. Além disso, quando houver quebras de materiais estes serão separados e analisados se podem ser reaproveitados em alguma outra parte da obra ou então em alguma outra obra que a construtora irá realizar. Algumas ações sugeridas para redução e reutilização de materiais são:

- Definição de um tamanho mínimo para descarte de tubos PVC, mangueiras e corrugados, sendo que os materiais superiores a esse tamanhos devem separados e acondicionados no almoxarife ou em baias de reuso de materiais;
- Reuso das madeiras de pallets quebrados, escoramento de lajes, dentre outros para construção dos suportes de bags, cunhas e outras finalidades passíveis de reuso na obra ou então em outras obras do Vitta;
- Separar meios blocos, cerâmicos que quebram durante o manuseio da obra mas que são passíveis de reaproveitamento segregando e alocando em baias de reuso de materiais;
- Na etapa de reboco providenciar dispositivos de recolhimento do material excedente do desempenamento das paredes de forma reaproveitar o material, (desde que seja tecnicamente viável).
- Utilizar resíduos de gesso para pintura de guias ou sinalizações na obra;
- Dentre outra do gênero.

Também será instruído para que os empreiteiros tenham o devido cuidado para minimizar as perdas de cal, cimento e demais materiais no preparo de massas, argamassas, concreto, etc.

Figura 594 – Ações para minimizar a geração de RCC propostas no PGRCC da obra 1 (Fonte: pesquisador 2019)

#### 8.4.2 Segregação dos Resíduos

Os resíduos, à medida que forem gerados serão segregados de acordo com o seu tipo:

- Entulho (Classe A);
- Madeira (Classe B);
- Gesso (Classe B);
- Plástico duro (Classe B);
- Plástico mole (Classe B);
- Papelão (Classe B);
- Sucata (Classe B);
- Latas de tintas secas (Classe B);
- Vidro (Classe B);
- Isopor (Classe B);
- Sacaria (Classe B);
- EPIs não contaminados (Classe C);
- Resíduos orgânicos/rejeitos (Classe C);
- Bisnagas de materiais não perigosos/lã de vidro/lã de rocha (Classe C);
- Bisnagas de materiais perigosos (Classe D);
- Embalagens, materiais e EPIs contaminados com óleo, graxa, verniz e tintas (Classe D);
- Lâmpadas fluorescentes (Classe D).

Figura 595 – Modo de segregação dos RCC por classes e tipos proposto pelo PGRCC da obra 1 (Fonte: pesquisador 2019)

### 5.3.5.2 PLANILHAS ELETRÔNICAS DE CONTROLE DE RESÍDUOS GERADOS EM OBRA

A obra 1 usava planilhas eletrônicas de controle **por volume** dos resíduos gerados, tal como se apresenta nas figuras 596, 597, 598 e 599.

| MONITORAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA   |                 |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
|--|-----------------|---------------|--------------------------|--------|------------|-------------------|---|--------------------------|-----------|-----------------|----------|---|-----------|---|----------|---|------------|---|-------|---|-----------------|---|--------|---|---------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------------|---|-----------------------|---|--------------------|---|
| Os resíduos deverão ser acondicionados de acordo com as tipologias previstas na Resolução CONAMA 307/2002, conforme informações abaixo:  |                 |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| <p><b>I - Classe A</b> - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:</p> <p>a) de construção, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</p> <p>b) de construção: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;</p> <p>c) de processo de fabricação de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, lajes, etc.) produzidas nos canteiros de obras;</p> <p><b>II - Classe B</b> - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;</p> <p><b>III - Classe C</b> - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tais como os resíduos gerados nos sanitários das obras;</p> <p><b>IV - Classe D</b> - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como, telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.</p> |                 |               |                          |        |            |                   | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipologia</th> <th>Classe Res. 307</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Concreto</td><td>A</td></tr> <tr><td>Argamassa</td><td>A</td></tr> <tr><td>Cerâmica</td><td>A</td></tr> <tr><td>Areia/Solo</td><td>A</td></tr> <tr><td>Pedra</td><td>A</td></tr> <tr><td>Cerâmica Polida</td><td>A</td></tr> <tr><td>Isopor</td><td>B</td></tr> <tr><td>Madeira</td><td>B</td></tr> <tr><td>Ferro</td><td>B</td></tr> <tr><td>Gesso</td><td>B</td></tr> <tr><td>Vidro</td><td>B</td></tr> <tr><td>Recicláveis</td><td>B</td></tr> <tr><td>Resíduos Domiciliares</td><td>C</td></tr> <tr><td>Resíduos Perigosos</td><td>D</td></tr> </tbody> </table> |                          | Tipologia | Classe Res. 307 | Concreto | A | Argamassa | A | Cerâmica | A | Areia/Solo | A | Pedra | A | Cerâmica Polida | A | Isopor | B | Madeira | B | Ferro | B | Gesso | B | Vidro | B | Recicláveis | B | Resíduos Domiciliares | C | Resíduos Perigosos | D |
| Tipologia  | Classe Res. 307 |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Concreto   | A               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Argamassa  | A               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Cerâmica   | A               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Areia/Solo   | A               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Pedra  | A               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Cerâmica Polida  | A               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Isopor   | B               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Madeira  | B               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Ferro  | B               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Gesso  | B               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Vidro  | B               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Recicláveis  | B               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Resíduos Domiciliares  | C               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| Resíduos Perigosos   | D               |               |                          |        |            |                   |   |                          |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
| nº da CTR  | Data            | Resíduo       | Em caso de Outro resíduo | Classe | Quantidade | Unidade de medida | Empresa Transportadora  | Empresa do Destino Final |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
|  | 14/jun          | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra  | Morada do Sol            |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
|  | 14/jun          | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra  | Morada do Sol            |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
|  | 14/jun          | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra  | Morada do Sol            |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |
|  | 14/jun          | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra  | Morada do Sol            |           |                 |          |   |           |   |          |   |            |   |       |   |                 |   |        |   |         |   |       |   |       |   |       |   |             |   |                       |   |                    |   |

Figura 596 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 1 (Fonte: o pesquisador, 2019)

| nº da CTR | Data   | Resíduo       | Em caso de Outro resíduo | Classe | Quantidade | Unidade de medida | Empresa Transportadora | Empresa do Destino Final |
|-----------|--------|---------------|--------------------------|--------|------------|-------------------|------------------------|--------------------------|
|           | 14/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 14/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 14/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 14/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 14/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 14/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
| 28384     | 14/jun | Entulho Misto |                          | A      | 5          | Caçamba           | Rei da Caçamba         | Morada do Sol            |
|           |        |               |                          |        |            |                   |                        |                          |
| 28557     | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 5          | Caçamba           | Rei da Caçamba         | Morada do Sol            |
| 28555     | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 5          | Caçamba           | Rei da Caçamba         | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 15/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 22/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 22/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
|           | 25/jun | Entulho Misto |                          | A      | 12         | m <sup>3</sup>    | Transterra             | Morada do Sol            |
| 28917     | 29/jun | Entulho Misto |                          | A      | 5          | Caçamba           | Rei da Caçamba         | Morada do Sol            |

Figura 597 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



|       |        |               |   |    |                |         |                |               |
|-------|--------|---------------|---|----|----------------|---------|----------------|---------------|
| 29276 | 10/jul | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 30989 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31105 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30996 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30993 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30991 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31000 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30988 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30997 | 10/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31366 | 13/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31391 | 16/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31138 | 11/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31396 | 16/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31502 | 16/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31614 | 18/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31618 | 18/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31616 | 18/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 31623 | 18/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 29444 | 18/jul | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 32051 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32053 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32057 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32058 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32066 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32069 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32075 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 29668 | 23/jul | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 31925 | 23/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32073 | 24/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32240 | 27/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32237 | 27/jul | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |

Figura 598 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 3 (Fonte: o pesquisador, 2019)

|       |        |               |   |    |                |         |                |               |
|-------|--------|---------------|---|----|----------------|---------|----------------|---------------|
| 32661 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32663 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32672 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32660 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32657 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32655 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32658 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32654 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32651 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32449 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32653 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32450 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32446 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32691 | 03/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30258 | 06/ago | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 30257 | 06/ago | Madeira       | B | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 32676 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32664 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32679 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32693 | 03/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32682 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32447 | 02/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32826 | 09/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32822 | 09/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32824 | 09/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32828 | 09/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32823 | 09/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32825 | 09/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 32831 | 10/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30409 | 14/ago | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 33102 | 14/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 33103 | 14/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 33104 | 14/ago | Entulho Misto | A | 12 | m <sup>3</sup> |         | Transterra     | Morada do Sol |
| 30522 | 17/ago | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 30768 | 23/ago | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 30857 | 27/ago | Madeira       | B | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |
| 30873 | 29/ago | Entulho Misto | A | 5  |                | Caçamba | Rei da Caçamba | Morada do Sol |

Figura 599 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 1, exemplo 4 (Fonte: o pesquisador, 2019)



### 5.3.5.3. FICHAS DE CONTROLE DE TRANSPORTE E RECEBIMENTO DE RESÍDUOS

A obra 1 usava fichas de controle de transporte e recebimento de resíduos do tipo daquela que é mostrada na foto 104.

Foto 104 – Exemplo de ficha de controle de transporte e recebimento de resíduos (ficha do tipo CTR) usada na obra 1 (Fonte: o pesquisador, 2019)

### 5.3.5.4 LAYOUT DO PROJETO DE CANTEIRO DA OBRA 1

A obra 1 possuía também projeto de canteiro elaborado para a mesma, que nos foi fornecido em formato pdf e cujas partes essenciais se apresentam a seguir na figura 600.

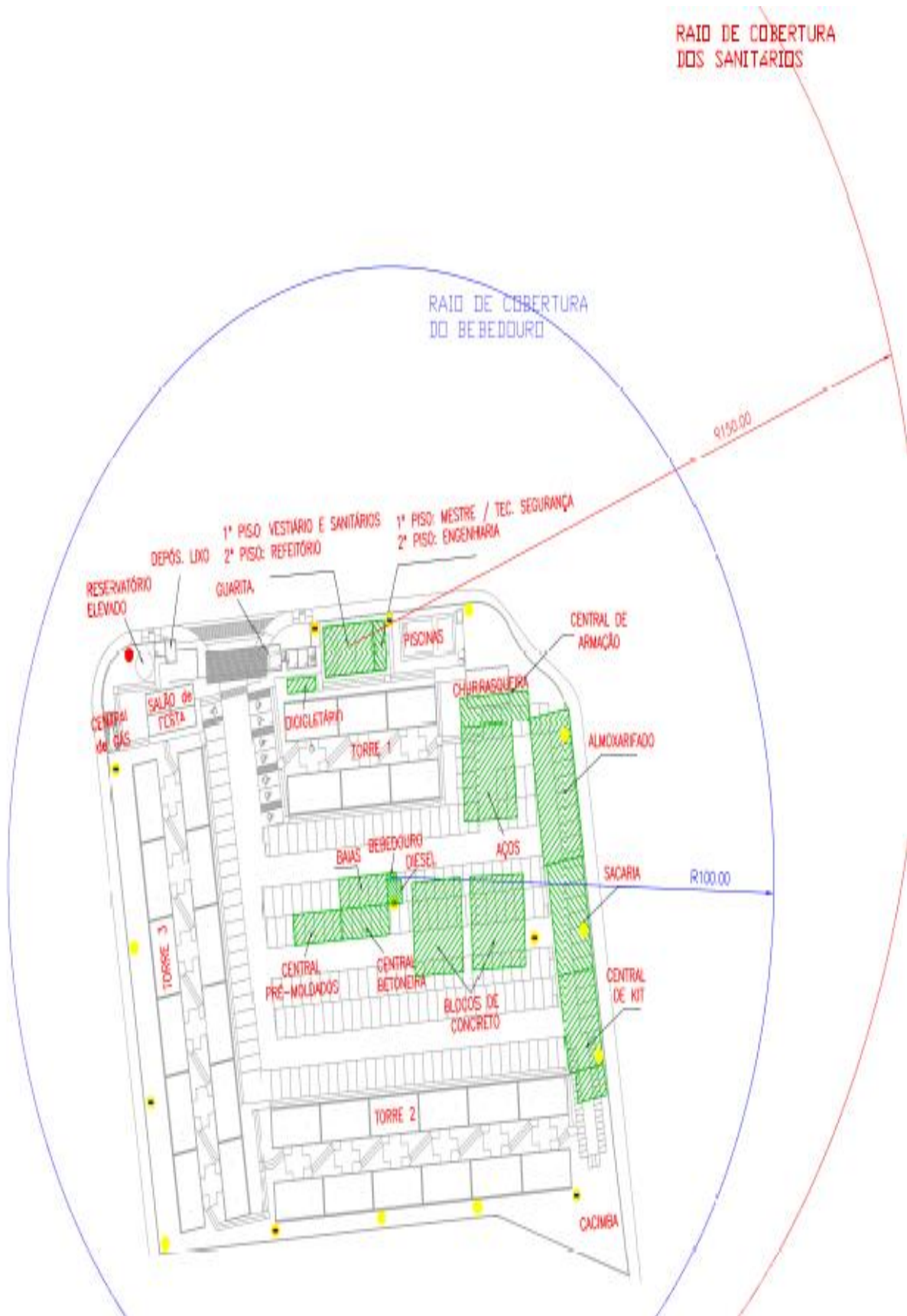


Figura 600 – Partes fundamentais do layout do projeto de canteiro da obra 1 (Fonte: o pesquisador, 2019)

### 5.3.5.5 ELEMENTOS REFERENTES A ASPETOS CONEXOS AO GERENCIAMENTO DE RCC, TAMBÉM COLETADOS NA OBRA 1

Existem determinados aspectos que, embora não diretamente relacionados ao gerenciamento de RCC no canteiro de obra, acabam impactando mesmo que por via indireta o mesmo. Assim, tópicos relacionados com segurança no trabalho, limpeza e organização dentro de canteiro, ferramentas de gestão visual de obra, de transparência, de comunicação, ferramentas de aplicação de construção enxuta, acabam contribuindo para a difusão de uma “cultura de canteiro” que beneficia um bom gerenciamento de RCC no mesmo. As fotos 105 a 131 trazem alguns exemplos desses aspectos.



Foto 105 (esquerda) – Áreas de estocagem de materiais perfeitamente delimitadas, com os mesmos protegidos contra intempéries, exemplo 1; Foto 106 (direita) – Áreas de estocagem de materiais perfeitamente delimitadas, com os mesmos protegidos contra intempéries, exemplo 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 107 (superior esquerda) – Sinalização de segurança: área de circulação de pedestres; Foto 108 (superior direita) – Passadiço de proteção contra risco de queda de objetos em altura; Foto 109 (inferior esquerda) – Sinalização de segurança para carga suspensa, risco de queda de materiais; Foto 110 (inferior direita) – Sinalização de uso obrigatório de EPI's (Fonte: o pesquisador, 2019)





Foto 111 (esquerda) – Aspecto de limpeza dos vestiários; Foto 112 (direita) – Cartaz comunicando a política de qualidade da construtora e sinalização de proibição de fumar, nos vestiários (pesquisador, 2019)



Foto 113 (esquerda) – Aspecto de limpeza dos vestiários; Foto 114 (direita) – Cartaz comunicando a política de qualidade da construtora e sinalização de proibição de fumar, nos vestiários (pesquisador, 2019)



Foto 115 (superior esquerda) – Aspecto de organização e limpeza do refeitório; Foto 116 (superior direita) – Extintores no refeitório; Foto 117 (inferior esquerda) – Sinalização de proibição de fumar no refeitório; Foto 118 (inferior direita) – Ventiladores no refeitório (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 119 (esquerda) – Sinalização para uso do recipiente de lixo e uso de protetor solar na pele, vestiários; Foto 120 (direita) – Sinalização para criação de hábito de lavagem de mãos, sanitários (pesquisador, 2019)



Foto 121 (esquerda) – Delimitação de zona para bicicletário; Foto 122 (direita) – Colocação de vários bebedouros de água no perímetro do canteiro (pesquisador, 2019)



Foto 123 (esquerda) – Avaliação de fornecedores por gestão visual; Foto 124 (direita) – Controle insumos na geladeira por gestão visual (pesquisador, 2019)

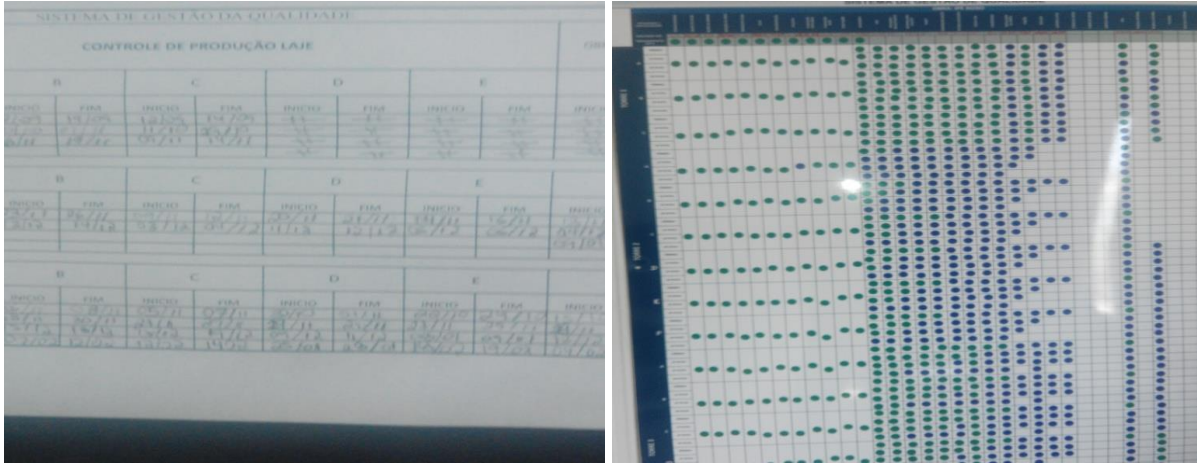


Foto 125 (esquerda) – Controle de produção por gestão visual, exemplo 1; Foto 126 (direita) – Controle de produção por gestão visual, exemplo 2 (pesquisador, 2019)

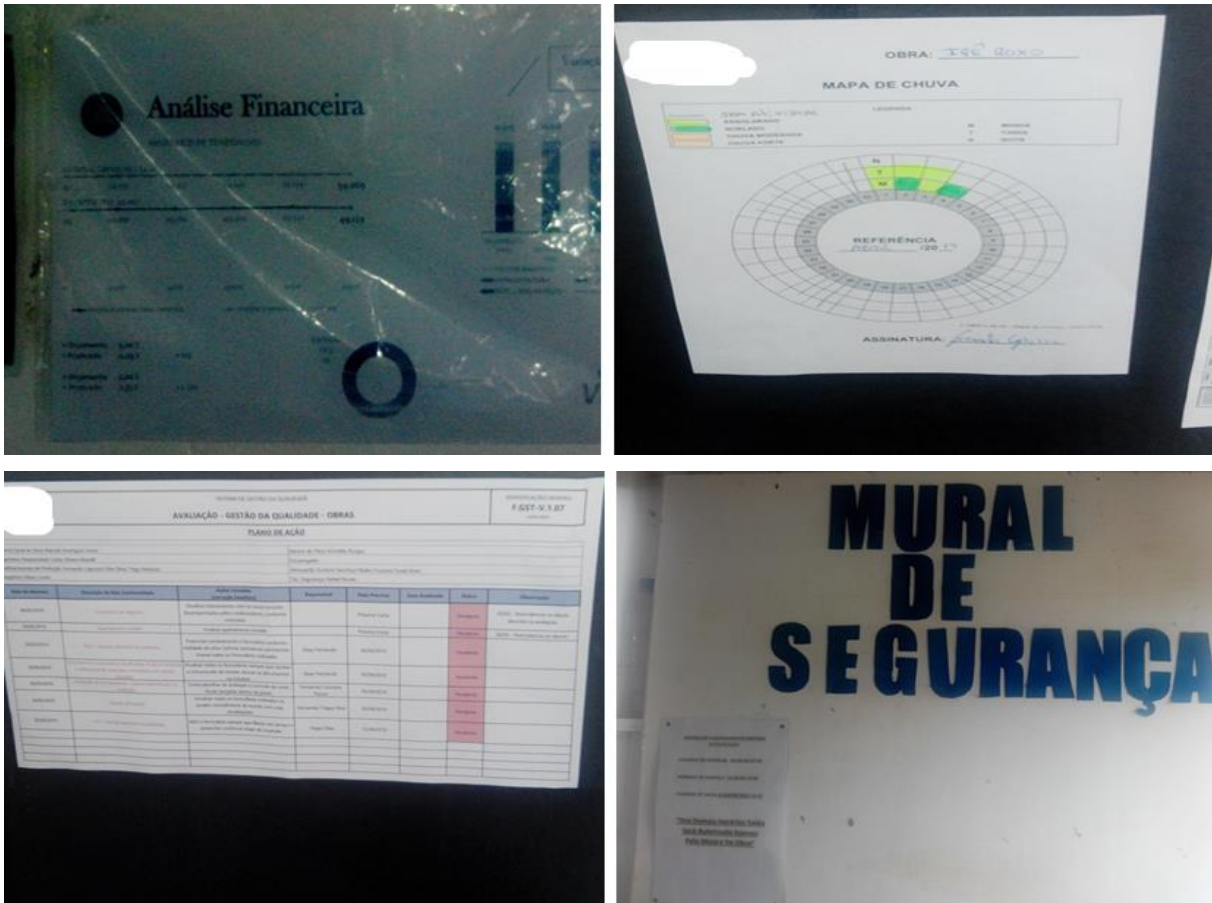


Foto 127 (superior esquerda) – Avaliação financeira por gestão visual; Foto 128 (superior direita) – Mapeamento das condições atmosféricas por gestão visual; Foto 129 (inferior esquerda) – Controle da correção de não conformidades por gestão visual; Foto 130 (inferior direita) – Informações sobre segurança em obra aos funcionários, por gestão visual (Fonte: o pesquisador, 2019)



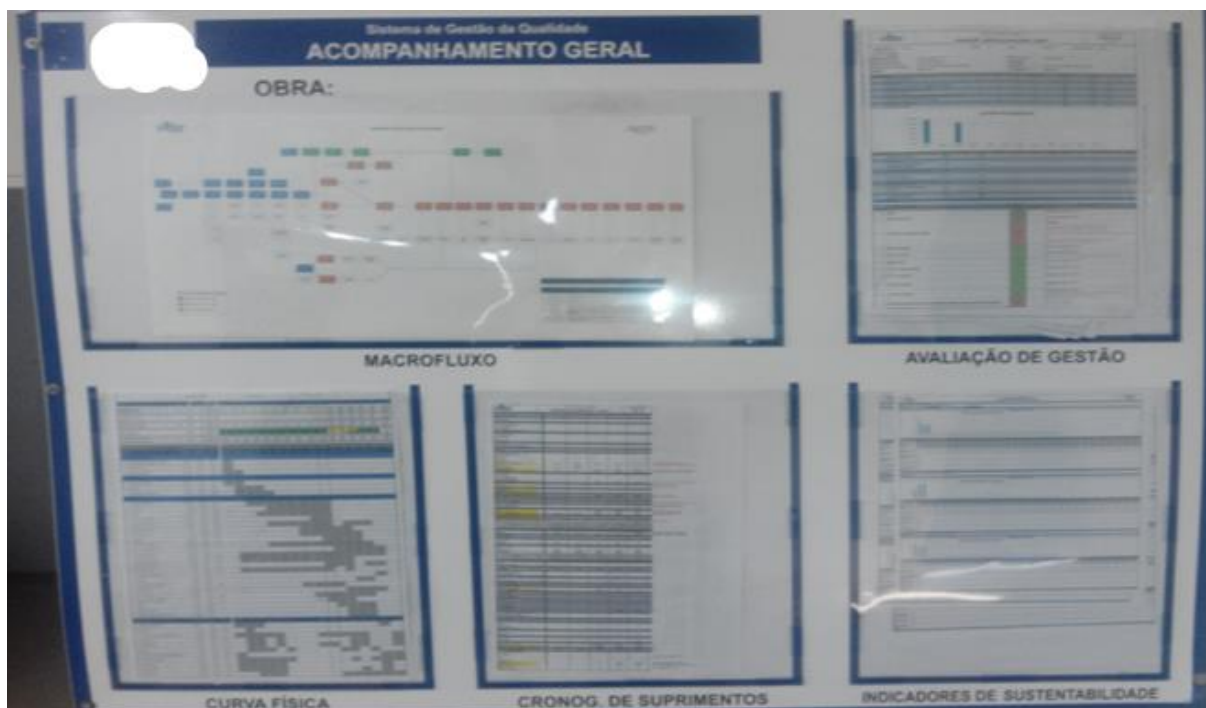


Foto 131 – Avaliação geral da obra por gestão visual, Sistema de Gestão da Qualidade (o pesquisador, 2019)

### 5.3.6 DIAGNÓSTICO SOBRE O GERENCIAMENTO DE RCC NO CANTEIRO DA OBRA 1

Após a etapa de observações diretas sem intervenção nos procedimentos de gerenciamento de RCC em canteiro, foi possível elaborar um diagnóstico sobre os mesmos, o qual foi entregue aos responsáveis da empresa, e se reproduz a seguir. Uma parte do diagnóstico incluía precisamente parte do que havia sido registrado na etapa de observações diretas, pelo que se apresentam agora aqui e a seguir apenas alguns outros excertos e transcrições significativos desse mesmo diagnóstico. O documento entregue à construtora totalizava 33 páginas.

“.....Das duas obras que se teve oportunidade de fazer pesquisa em campo até o presente momento, a da obra 1 e em termos de gerenciamento de RCC no seu canteiro, foi sem dúvida a melhor.....”

“.....O PGRCC da obra 1, na sua página 33, faz uma previsão de geração do total de resíduos para a obra, tendo como base os resíduos totais gerados em seis obras anteriores realizadas pela empresa, e estima-se então um quantitativo de  $9\text{m}^3$  de resíduos por cada unidade construída (de  $43,06\text{m}^2$  de área cada), o que multiplicando por um total de 240 unidades resulta numa previsão total de  $2.160\text{m}^3$  de resíduos gerados para a obra. Só não fica 100% claro qual a área de cada unidade das 6 obras tidas como base para a elaboração

da estimativa (se eram obras com áreas iguais por cada unidade, se foi utilizada uma proporção tipo regra de três simples, etc).....”

“.....O PGRCC da obra, na sua página 34 faz também uma previsão quantitativa da geração de resíduos na construção de toda a obra, por classes, transformando-os depois em números de caçambas ou bags a serem transportadas/os para fora do canteiro. A previsão separa os solos dos restantes resíduos de classe A, de acordo com a classificação da resolução CONAMA nº 307/2002 e suas posteriores revisões (e que serão no caso essencialmente materiais cimentícios e cerâmicos, vulgarmente designados de entulhos). Assim, tem-se a seguinte previsão: (ver atrás figura 589).....”

“.....Além do mais, posteriormente, e em questionário efetuado com o Engº Gestor da obra, obteve-se a informação de que a empresa vai refinando os dados de geração no seguinte sentido: suponha-se que para uma determinada obra está estimada a geração total de um X de m<sup>3</sup> de resíduos, mas que no final a obra ultrapassou essa estimativa em 20%. Veio outra obra a seguir e tornou-se verificar um excesso de geração de 20% em relação ao previsto. Veio uma terceira a seguir e o mesmo aconteceu. Automaticamente nas obras a seguir o Vitta residencial já entra com esse fator nas suas previsões de geração para as mesmas. Mais ainda, consegue-se fazer uma previsão do total de resíduos a serem gerados por fases da obra, ainda na página 34 do PGRCC, e de acordo com (ver atrás figura 590)....”

“.....Essas distribuições de volumes gerados por classes e por fases na obra, são baseadas numa dissertação de mestrado do atual Prof. Dr. Salomon Levy, de 1997. Acontece que pela data da dissertação, esse documento está numa base de dados da USP que não está disponível a quem não pertença à instituição.....”

“.....Contactou-se aquele que foi na época o orientador do autor da dissertação, que inclusivamente forneceu o atual e-mail do Prof. Levy, solicitou-se acesso ao pdf da mesma ao próprio, mas não se obteve resposta.....”

“.....Entretanto existe uma dissertação mais recente, do Rio Grande do Sul, onde o total de resíduos gerados para obras de edificações verticais é estimado através de um modelo estatístico empírico, que leva em consideração algumas variáveis de projeto e outras variáveis que têm a ver com o método de produção/”grau de industrialização-mecanização” empregue nas obras.....”

“.....Através do questionário já referido e efectuado com o Engº Gestor de obra, soube-se que em fase de projeto já são adoptadas algumas medidas de racionalização tendo em vista a diminuição da geração de resíduos em obra, como seja a paginação de cada uma das paredes de alvenaria estrutural das torres, bem como a elaboração de uma disposição das peças dos pavimentos cerâmicos e azulejos que conduza a um nº mínimo de



cortes, o que também ajuda a reduzir a quantidade gerada de resíduos em obra. Portanto, prova-se a existência de cuidados na redução, ainda em fase de projeto.....”

“.....**A triagem dos resíduos** é feita em obra pelo menos segundo os seguintes tipos:

- Entulhos “limpos” (materiais cimentícios e cerâmicos, os chamados cinzas e vermelhos);

- Entulhos “mistos” ( os limpos juntamente com os solos);

- Caçambas exclusivas para solos;

- Caçambas exclusivas para gessos;

- Caçambas exclusivas para madeiras;

- Bags exclusivos para papeis e papelões;

- Bags exclusivos para sacarias;

- Bags exclusivos para isopor;

- Bags exclusivos para plásticos finos/moles;

- Bags exclusivos para plásticos rígidos/duros;

- Sucatas armazenadas em tambores metálicos de 200 litros;

- Sacos plásticos para resíduos orgânicos; .....

“.....O PGRCC da obra 1, no seu parágrafo 8.1 (Metas e diretrizes do PGRCC) refere entre outros:

- Implantar e acompanhar, durante toda a obra, o gerenciamento dos resíduos, desde a sua geração inicial **até sua deposição final**. O pesquisador não tem a mínima dúvida em afirmar que **até a hora em que os resíduos saem do canteiro, o Vitta residencial, especificamente na obra do Ipê Roxo, é extremamente competente!** No entanto, perspassa um pouco a ideia de que a partir daí, e apesar do controle feito através das CTR's que a empresa pratica, não há um controle absoluto sobre a disposição final dos resíduos, ou seja, de que a disposição final é uma coisa que ficapor conta de quem a faz.

- Determinar como reduzir a quantidade de resíduos que são produzidos e quais resíduos podem ser reutilizados ou reciclados. **Não restam dúvidas que a Vitta no Ipê Roxo se preocupa em reduzir a quantidade de resíduos que são produzidos, no entanto,** até pelo questionário realizado com o Engenheiro Gestor de Obra, ficou a ideia de que a taxa de reuso de materiais em obra é relativamente baixa, e que mesmo os materiais

que são posteriormente reciclados não voltam à obra (esta última parte pode acontecer por motivos econômicos/estudos dessa natureza que a empresa tenha já realizados e prontos).

- **Implantar o processo de reciclagem de resíduos classes A e B;** bom, aqui depende do posto de vista sob o qual os responsáveis pela manufatura do PGRCC entendem o seu próprio texto. O que queremos dizer com isto é que dentro de canteiro não se realiza reciclagem de resíduos, e mesmo os que são reciclados fora, ao que temos conhecimento não retornam à mesma.

- **Reduzir os custos relacionados ao gerenciamento/tratamento dos resíduos inevitavelmente gerados.** Em relação a este ponto resta apenas a seguinte dúvida: sabemos que estava prevista instalação em obra de duto vertical de coleta e condução de resíduos desde os pavimentos ao térreo. No entanto, até a hora em que mudámosde obra isso não aconteceu, e esse trabalho era na sua esmagadora maioria realizado pelo sky-trek. Daí resulta a pergunta: o que sai mais em conta, ter usado o coletor/duto vertical de resíduos, ou fazer um uso intensivo do sky-trek? Não temos dados para responder a isso, mas acreditamos que, se a empresa se decidiu pelo uso intensivo do sky-trek para esse tipo de etapa de manejo de resíduos em obra é porque tem dados que lhe permitam chegar à conclusão que seja mais barato. Uma coisa é certa: mais rápido não é com certeza.

- **Elaboração de fluxogramas com entradas e saídas de material durante a obra.** Admitimos que existam, mas não tivemos oportunidade de os ver. Constatámos a existência de uma série de planilhas de controle sim, mas fluxogramas não vimos. Mas podem existir sim.

- **Estabelecer a responsabilidade compartilhada com cada um dos terceiros, examinando e aprovando as soluções para a destinação e exigindo a apresentação da documentação pertinente.** Em relação aos restantes tipos de resíduos não colocamos mais questões que não as anteriormente referidas a respeito, agora, pelo que fomos informados, não se procede à logística reversa de resíduos em obra.

- Criação de uma política de pontos para mensuração das atitudes dos funcionários e empreiteiros da empresa **com o intuito de recompensar aqueles que tenham as melhores práticas e punir os que tenham as piores**, visando assim auxiliar na operacionalização do PGRCC. Ao que sabemos, não existe uma política de prêmios/recompensas para os funcionários que se destaquem no manejo de resíduos no canteiro.....”

“.....O PGRCC da obra 1 apresenta, na sua página 37, a figura acima (ver atrás figura 592), como organograma da equipe técnica responsável pela obra (no PGRCC aparece como figura 8). Como no dito organograma aparece incluída a Ecohealth Gestão e

**Treinamento**, parece-nos claro que é um organograma dos responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos na obra 1.....”

“.....A definição das responsabilidades de cada um dos colaboradores da/na obra, bem como da consultora responsável pela elaboração do PGRCC, e quanto ao gerenciamento dos RCC, vêm perfeitamente descritos na página 38 do PGRCC da obra (como Tabela 4 do mesmo)..... (ver atrás figura 591).....”

“.....Na página 39 do PGRCC da obra, no ponto 8.4.1 Minimização dos Resíduos, é referido: “..... os empreiteiros serão instruídos a trabalharem com cautela, visando reduzir ao máximo perdas de materiais por descuidos, evitando as quebras e perdas de blocos, alvenarias, pisos, revestimentos e demais materiais de construção. Além disso, quando houver quebras de materiais, estes serão separados e analisados se podem ser reaproveitados em alguma outra parte da obra ou então em alguma outra obra que a construtora irá realizar. E depois segue-se uma lista de reusos possíveis para os vários materiais na obra. Algumas dessas ações o pesquisador até observou serem realizadas, como a definição de um tamanho mínimo para descarte de tubos de PVC, mangueiras e corrugados, sendo que os materiais superiores a esses tamanhos devem ser separados e acondicionados no almoxarife ou em baias de uso de materiais, ou também o reuso de madeiras de pallets quebrados, escoramento de lajes, para outros trabalhos, mas não para construção dos suportes de bags, pois os suportes dos bags são metálicos. Enfim, e tem também que **foi-nos afirmado que a taxa de reuso de materiais na obra em outros trabalhos** (como por exemplo restos de resíduos de classe A para enchimento de contrapisos ou para servirem de materiais de base em passeios, e outro tiposde reusos) **é bastante baixa.....”**

“.....A obra decidiu adotar outras soluções que não as baias preconizadas (ver pág 41 do PGRCC) para armazenamento quer de resíduosde classe A quer para madeiras. Para tal efeito decidiu recorrer à solução mais “tradicional” de armazená-los em caçambas.....”

“.....Algo que o PGRCC preconiza e que não foi visível no canteiro de obra foram as ADT (áreas de destinação temporária).....”

“.....Os dutos verticais coletores para descarga de entulhos desde os pavimentos superiores, tais como apresentados na figura 12 (pág 43 do PGRCC), e pelo menos até à hora em que o pesquisador saiu da obra 1 não haviam sido usados, como já referido.....”

“.....Na página 46 do PGRCC da obra, no ponto 8.4.4 “Transporte” refere-se: “...os EPI’s contaminados serão transportados ou por um caminhão específico da empresa de incineração apresentada no ANEXO 1 ou então por alguns dos transportadores qualificados no ANEXO 1 para destinos desses resíduos em aterros Classe 1. Não se pode

afirmar garantidamente que este ponto do PGRCC não seja cumprido, mas durante o tempo em que o pesquisador permaneceu em obra não se conseguiu visualizar esse tipo de transporte para fora do canteiro de obras.....”

“.....Na página 47 do PGRCC da obra é referido “....Com relação aos resíduos de classe D eles serão destinados para uma central de resíduos do Vitta com o intuito de acumular mais resíduos classe D provenientes de outras obras da construtora, para assim se ter um volume maior para descarte, visto que, por serem perigosos é preciso destiná-los a Aterros Controlados Classe 1. Como a maioria dos aterros classe1 exigem um volume mínimo de descarte, essa estratégia além de conseguir atingir o volume necessário, reduzirá também o custo de logística da destinação. Para a destinação desses resíduos será necessário obter o CADRI (Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental) junto à CETESB. Dizer que o pesquisador não se apercebeu desse tipo de “movimento de concentração de resíduos de classe D”. Aliás, se há algo que não ficou completamente esclarecido para o pesquisador, além da questão da lavagem dos pinceis potenciais portadores de resíduos de classe D, é como se realiza quer o manejo dos resíduos de classe D em obra quanto o manejo dos resíduos de logística reversa.....”

“.....Ainda na página 47 do PGRCC da obra, o ponto 8.5 trata do uso de agregado reciclado na obra, fornecendo até uma listagem de seis exemplos de situações onde o uso de agregado reciclado poderia ser efetuado em obra. No entanto, foi-nos afirmado que a obra não usa agregados reciclados nos seus trabalhos.....”

“.....A página 49 do PGRCC da obra 1 apresenta a seguinte figura, na forma de tabela 5 (figura 601)

| ETAPAS        | jun/18 | jul/18 | ago/18 | set/18 | out/18 | nov/18 | dez/18 | jan/19 | fev/19 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Elaboração    | X      | X      | X      |        |        |        |        |        |        |
| Treinamento   |        |        | X      |        |        |        |        |        |        |
| Implantação   |        |        |        | X      | X      | X      | X      | X      | X      |
| Monitoramento |        |        |        |        | X      | X      | X      | X      | X      |
| ETAPAS        | mar/19 | abr/19 | mai/19 | jun/19 | jul/19 | ago/19 | set/19 |        |        |
| Revisão       | X      |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Treinamento   | X      |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Implantação   | X      | X      | X      | X      | X      | X      |        |        |        |
| Monitoramento | X      | X      | X      | X      | X      | X      | X      |        |        |

Figura 601 – Cronograma de execução do PGRCC da obra 1 (pesquisador, 2019)

“.....Como se pode constatar pelo mesmo, estão previstas etapas de Revisão e treinamento para Março de 2019, altura em que o pesquisador saiu do canteiro. Em relação a essas duas etapas dizer o seguinte: 1º que não sabemos de quem é a responsabilidade

das mesmas. Seguimos o pressuposto de que tendo sido o PGRCC da obra terceirizado a uma consultora externa, seja ela a fazer essa revisão e treinamento. Não sabemos se é esse o caso; 2 – Pelo fato de o pesquisador ter saído da obra nesse momento, desconhece-se se essa revisão e esse treinamento foram feitos, e caso tenham sido, se isso era contratualmente uma responsabilidade da consultora que elaborou o PGRCC ou se foi a construtora mesmo que assumiu essas tarefas.....”

“.....**CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS:** Em função do que atrás foi sendo exposto, e tendo apenas por base O PRÓPRIO PGRCC DA OBRA, e as observações efetuadas em seu canteiro durante cerca de dois meses e meio, o pesquisador conclui que:

**1 – Das duas obras observadas até o momento, A OBRA 1 É A QUE GERENCIA (COM LARGA VANTAGEM) OS SEUS RESÍDUOS GERADOS DENTRO DO CANTEIRO melhor.**

**2-** Permanecem no entanto dúvidas sobre a forma como se processam:

- a)** O gerenciamento dos resíduos perigosos em obra;
- b)** O gerenciamento dos resíduos de Logística Reversa por parte da obra;
- c)** O controle e verificação sobre a disposição final dos resíduos que a própria obra gera;
- d)** Foi observado um pormenor relativamente grave de segurança por falta de iluminação nas zonas das escadas, próximas às caixas de elevador;” (ver figura 497 a seguir)

“**e)** Foi observado um pormenor de segurança que com certeza poderia ser tecnicamente melhorado quanto à proteção lateral anti-queda dos funcionários durante a execução das lajes ao nível dos pisos superiores;” (ver figuras 603 a seguir);

“**f)** Pareceram-nos insuficientes o número de bags utilizados em face dos quantitativos de recicláveis gerados durante o período de permanência em obra.”

“.....**3 – O pesquisador gostaria de destacar a forma como sempre foi recebido quer pelo Engenheiro Gestor de Obra bem como por toda a restante equipe, o que fez com que se sentisse como se pertencesse, durante o tempo que lá permaneceu, a essa mesma equipe. Os seus agradecimentos profundos a esse fato.....”.**



Figura 602 – Zona mal iluminada em caixa de escadas da obra 1, junto ao poço do elevador (pesquisador, 2019)



Figura 603 – Uso apenas de fita sinalizadora, como proteção anti-quedas, na execução de laje (o pesquisador, 2019).

### 5.3.7 QUESTIONÁRIO

Já durante a etapa das visitas de campo, mas ainda numa fase inicial, e aproveitando uma ida da Gerente da Qualidade/Gerente de Processos Integrados da construtora à obra, foi-lhe distribuído um questionário cujo objetivo era não apenas o de caracterizar genericamente a empresa e sua estrutura de recursos humanos como ter uma primeira ideia de quais os procedimentos da construtora quanto às várias etapas de gerenciamento dos respectivos RCC gerados em canteiros verticais. E também para preparar já a aplicação de um eventual modelo matemático empírico de previsão de geração de RCC em obras de edificações verticais. Parte significativa do questionário distribuído é a que consta nas figuras 604 a 613 a seguir (houve algumas perguntas que ficaram por responder por parte da Gestora de Qualidade da empresa).

- 23** – Os funcionários da construtora recebem treinamento sobre gerenciamento de RCC em canteiro (reconhecimento de classes e tipos, quando estes devem ser triados/separados/segregados após geração, como cada tipo de resíduo gerado deve ser transportado horizontalmente nos pavimentos, que tipos de dispositivos de coleta devem ser usados nos pavimentos, a importância de pesá-los por tipo e registrar esses pesos, como transportar os diferentes tipos de resíduos gerados até o pavimento térreo, onde armazená-los no piso térreo): Sim; Comentários: na chamada “integração” recebem uma palestra sobre a coleta seletiva (bags com os vários tipos, caçambas para os vários tipos), e também acerca dos fluxos que esses resíduos (como) devem ter nos pavimentos; ciclicamente, e porque alguns funcionários começam a jogar resíduos nas caçambas/bags errados, a informação sobre os procedimentos corretos é reforçada/repetidas chamadas “DDS” (reuniões de diálogo diário sobre segurança);
- 24** – E os subempreiteiros, quando entram em obra, também recebem esse tipo de treinamento: os subempreiteiros quando entram em obra recebem a mesma tratativa que os funcionários da empresa;
- 25** – A empresa tem registros sobre quais os transportadores individuais autônomos de resíduos de construção civil disponíveis nas proximidades de suas obras: Não; Comentários: autônomos especificamente não;
- 26** – A empresa tem um registro de transportadores formais de caçambas disponíveis nas proximidades das obras onde atua: Sim; Comentários: quando a empresa parte para a implementação da obra o setor de qualidade encarrega-se, juntamente com a consultora que elabora o PGRCC, de saber quais são essas empresas, trata de toda a documentação (verificação se as empresas têm a respectiva documentação em dia, se está “legalizada” ou não, e aí informa o gestor de obra daqueles que estão conformes para que este feche contrato com uma delas);
- 27** – A empresa tem um registro sobre áreas de transbordo e triagem (ATT’s) existentes nas proximidades das obras onde atua: Sim; Comentários: mas essa informação não chega ao gestor de obra; o gestor de obra não tem conhecimento para onde esses resíduos podem/vão ser conduzidos, mas o setor de qualidade da empresa tem, e em última análise é ele o responsável por essa definição;
- 28** – A empresa tem um registro de usinas de reciclagem de resíduos classe A existentes nas proximidades das obras onde atua: Não; Comentários: -----
- 29** – A empresa tem um registro de indústrias (fundições, olarias, empresas que usam a madeira como fonte de energia, empresas que derretam e reusen plásticos, e outras) a quem possa vender seus respectivos resíduos nas proximidades das obras em que atua: Não formalmente; o procedimento usual das obras é: 1 – Em relação a resíduos de classe A já foi respondido na questão anterior; em relação ao que a empresa/obra chama de “reciclagem”, e que corresponde aos resíduos de classe B (papéis, papelões, sacarias plásticos e outros), o que as obras fazem – pelo menos as

Figura 604 – Questionário da obra 1, Parte I de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

- obras de Araraquara – é: [papel + papelão + sacarias + plásticos (duros e moles)], a empresa de coleta seletiva municipal (Acacia) coleta esses tipo de resíduos pertencentes à classe B e já os leva para uma empresa de reciclagem, embora o Engenheiro Gestor de Obra desconheça a respectiva localização, empresa essa que tem capacidade de reciclar todo esse tipo de resíduos; a construtora não lucra nada com isso; já em relação aos metais, eles são vendidos para pequenos ferros-velhos/sucateiros, e são estes que os vêm buscar à obra; a madeira é descartada como material sem qualquer valor econômico, é descartada como simples resíduo (o respectivo local de destinação final está nas CTR’s);
- 30** – A empresa tem um registro de empresas vendedoras ou alugadoras de equipamentos de pequeno porte para reciclagem de resíduos em canteiro, existentes nas proximidades das obras em que atua: Não;
- 31** – As destinações de cada tipo de seus resíduos gerados em obra são controladas depois que estes saem do canteiro: Sim; Comentários: depois que saem do canteiro, no instante em que saem, é emitida uma CTR e o local de destinação do resíduo está descrito nessa CTR (pormenor: no instante em que os resíduos, e agora já não estamos a falar daqueles outros resíduos de classe B mas tipicamente de resíduos de classe A e gessos, são coletados, antes de retirados, faz-se a pesagem das respectivas caçambas, e esse peso é anotado na CTR, junto com a descrição do tipo de material de que se trata, e nas CTR’s também fica registrado para onde aqueles resíduos estão sendo levados, mas o Engenheiro Gestor de Obra não incide muito a sua atenção sobre isso, delega a função ao almoxarife, e para efeitos de pagamento aos administrativos de obra;
- 32** – Por meio de que documentos/guias/registros isso é feito: CTR’s;
- 33** – Quem é responsável por manter esses registros e para onde vão depois: o responsável por mantê-los em obra é o administrativo Gustavo e elas ficam no próprio arquivo de obra (não seguem para a matriz da empresa, em Ribeirão Preto);
- 34** – A empresa tem planilhas eletrônicas para estimar os custos de segregação / triagem, transporte horizontal (pavimentos), acondicionamento inicial, transporte vertical, armazenamento final em canteiro, e transporte para as várias infraestruturas de tratamento e destinação/disposição (ATT’s, usinas de reciclagem de resíduos classe A, aterros de reservação de resíduos classe A, indústrias de reaproveitamento de resíduos, aterros sanitários): Sim; Comentários: no orçamento inicial para realização da obra já tem uma alínea que estima quanto vai custar o descarte dos resíduos que a obra vai gerar (para descarte dos “recicláveis”, para descarte das caçambas de entulho, das caçambas de solos, das caçambas de gesso, etc), e tem também uma estimativa de quanto vai gastar nas “limpezas” (triagem e transportes) de resíduos em obra (os custos de mão de obra para essas “limpezas”), e os custos para desmobilização do canteiro, custos para utilização de equipamentos nessas “limpezas” de resíduos, de alguma forma já estão incluídos nessas alíneas;

Figura 605 – Questionário da obra 1, Parte II de X (Fonte: o pesquisador, 2019)



obra já tem uma alínea que estima quanto vai custar o descarte dos resíduos que a obra vai gerar (para descarte dos “recicláveis”, para descarte das caçambas de entulho, das caçambas de solos, das caçambas de gesso, etc), e tem também uma estimativa de quanto vai gastar nas “limpezas” (triagem e transportes) de resíduos em obra (os custos de mão de obra para essas “limpezas”), e os custos para desmobilização do canteiro, custos para utilização de equipamentos nessas “limpezas” de resíduos, de alguma forma já estão incluídos nessas alíneas;

**35** – Nos seus canteiros, a empresa realiza reuso/reutilização de resíduos em outros trabalhos alternativos: Sim;

**36** – Poderá fornecer alguns exemplos: reusam madeiras para fazer “banquinhos” e escadas, e outros; **resíduos de classe A não reusam em outros trabalhos**; fazem pequenos reusos daquelas peças plásticas que servem de protetores das cabeças dos vergalhões de aço, reutilizando-os como suportes para toalhas, mas basicamente é só isso, os principais reusos em obras se dão a nível de madeiras, mesmo;

**37** – A construtora usualmente recicla resíduos classe A em: nenhum canteiro ( X ); Alguns canteiros de obra ( -- ); em todos seus canteiros de obra ( -- );

**38** – Qual critério usa quando decide fazer isso dentro do canteiro: Volume gerado ( -- ); Distância às usinas de reciclagem ( -- );

**39** – Pelo volume gerado, recicla dentro do canteiro para volumes acima de: -- m<sup>3</sup>; Pela distância às usinas de reciclagem, recicla dentro de canteiro para distâncias superiores a: -- Km;

**40** – A construtora vende parte de seus resíduos gerados (reciclados ou não): só os metálicos, para sucateiros / ferros-velhos;

**41** – Que tipos de resíduo e a quem: os metálicos, aos sucateiros;

**42** – A empresa tem uma política ambiental que é transmitida aos seus funcionários: “mais ou menos”; Comentários: a empresa tem uma “cartilha de sustentabilidade” e dentro dessa cartilha estão explicitadas uma série de ações e de instalações de canteiro, indicações para que se faça a separação de materiais por classe, fazer o reaproveitamento de alguns materiais. O conteúdo dessa cartilha é distribuído aos gestores de obra, que ficam responsáveis por transmitir essas informações / indicações aos funcionários de obra; inclusivamente as obras são auditadas quanto ao grau / medida em que essas ações foram implementadas / executadas na obra, e o Engenheiro Gestor a própria obra recebem uma nota/classificação sobre isso, nessa auditoria;

**43** – A construtora toma em consideração as condições de vizinhança dos seus canteiros de obra antes de decidir como vai fazer o gerenciamento dos RCC gerados (em particular se vai reciclar resíduos dentro do canteiro ou não, e como reduzir impactos – ruído, poeiras e outros poluentes): Sim; Comentários: o Engenheiro Gestor de Obra procura situar as áreas de descarte, as áreas onde vai colocar os “bags” de resíduos de classe B, e as caçambas de armazenamento final (para as outras classes,

Figura 606 – Questionário da obra 1, Parte III de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

sobretudo a classe A e os gessos) o mais longe possível dos prédios vizinhos; as baias de armazenamento de materiais, geradoras de poeiras, são o mais centralizadas possível no canteiro, por razões de geração de poeiras;

**44** – A construtora estabelece algum tipo de incentivo para os funcionários que se destaquem nos procedimentos de gerenciamento de RCC gerados dentro de canteiros de obra (segregação/triagem tão cedo quanto possível, transporte e acondicionamento de produtos intermediários corretamente efetuado, armazenamento final adequado, taxas de reutilização maiores, etc): **Indiretamente**; Comentários: O Sistema de Gestão da Qualidade estabelece uma estrutura de itens pelos quais as obras são avaliadas, alguns desses itens são os “itens de sustentabilidade”, dentro dos quais as “boas práticas de gerenciamento de resíduos” estão incluídas; aí, em função das auditorias internas de qualidade, a resposta de cada obra a esses índices de sustentabilidade é ponderada com outros itens e é elaborado um ranking / pontuação / classificação geral das obras. E depois cada um dos colaboradores da obra, independentemente do seu cargo, recebe um tanto de bonificação (dinheiro) que lhe couber;

**45** – A empresa cumpre as legislações municipal e estadual sobre RCC, no que se refere aos seus canteiros de obra: Sim;

**46** – São previamente definidos objetivos relativos a taxas de redução, reuso/reutilização e/ou de reciclagem para os RCC gerados em seus canteiros: Não; comentários: o que são feitos são testes sobre tecnologias ou materiais inovadores, no sentido de buscar a sustentabilidade / redução de resíduos (Exemplo: no próximo mês vão testar uma nova argamassa, com esse objetivo);

**47** – Para cada edificação vertical sua é claramente definida a responsabilidade de cada funcionário no que se refere aos procedimentos de gerenciamento dos RCC gerados em canteiro: Sim; Comentários: ---;

**48** – A empresa usualmente procede à logística reversa de resíduos gerados: Não;

**49** – Para que tipo de resíduo procede à respectiva logística reversa: Não procede;

**50** – Poderia referir a quem são devolvidos os vários tipos de resíduos sujeitos a logística reversa à medida que é realizada: Não é realizada;

**51** – A empresa tem comprovantes dessas devoluções: \_\_\_\_\_;

**52** – A empresa usa um layout típico nas suas obras no que se refere à colocação dos seus dispositivos/equipamentos de transporte vertical em relação aos dispositivos de armazenamento final no térreo, ou isso varia muito entre cada um dos canteiros de edificações verticais: Não; Comentários: existe uma listagem de equipamentos e dispositivos que é obrigatórios cada obra ter, mas depois a maneira como vão ser dispostos no canteiro é responsabilidade do gestor de obra, e variam de obra para obra;

**53** – No caso de usar um layout típico quanto à disposição relativa entre estes equipamentos, poderia ser fornecido: Sim;

Figura 607 – Questionário da obra 1, Parte IV de X (Fonte: o pesquisador, 2019)



**54** – Os projetos são já concebidos com a preocupação de redução da geração de resíduos: Sim;

**55** – Como isso é feito: todas as paredes da alvenaria estrutural são paginadas para redução da geração de resíduos; os azulejos das paredes e as cerâmicas de paredes e pisos recebem também paginação para reduzir o número de cortes, e consequentemente, a quantidade de resíduos gerados;

**56** – Que tipos de equipamentos a edificação vertical usa para transportar horizontalmente (nos pavimentos) os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: carrinho de mão/ferica; II - Pequenos pedaços de madeira: manualmente, em sacos; III - Grandes pedaços de madeira:manualmente; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: manualmente, em sacos; V-restos de sacos plásticos: manualmente, avulsamente ou em sacos; VI-Restos de gesso projetado: dentro de sacos vazios de cimento; VII - Placas de gesso cartonado: manualmente; VIII -Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: em baldes metálicos vazios; IX - Restos de papéis e papelões: manualmente, avulsamente ou em sacos; X - Restos de poliestireno: manualmente, em sacos/sacarias; XI - Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: em sacos; XII - Serradura: em sacos; XIII - Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinças e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): manualmente, através de funcionários munidos de luvas protetoras; XIV - Restos de telas de proteção e de fachada: manualmente ou em sacos, dependendo do tamanho; XV - restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: em sacos plásticos, que seguem para a coleta seletiva; XVI - Resíduos de ambulatório: não existem; XVII - Óleos e gorduras alimentares: nos pavimentos superiores ao térreo não existem; XVIII - Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: não existem; XIX - Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: manualmente, dentro de sacos / sacaria, por funcionários, munidos de luvas protetoras;

**57** – Nos canteiros de edificações verticais da empresa são usualmente utilizadas bombonas para acondicionamento inicial nos pavimentos: Não;

**58** –Onde são colocadas: ----;

**59** – Como são acondicionados inicialmente nos pavimentos os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: em pilhas / amontoados, nos cômodos; II - Pequenos pedaços de madeira: em pilhas, nos cômodos; III - Grandes pedaços de madeira: empilhados no chão ou ao alto, nas paredes; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: dentro de sacarias, para serem depois transportados para o térreo; V - restos de sacos plásticos: dentro de sacarias; VI - Restos de gesso projetado: em sacos de cimentos vazios; VII - Placas de gesso cartonado:em pilhas, no chão ou ao alto, junto a paredes; VIII -Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: em pilhas, no chão; IX - Restos de papéis e papelões: em

Figura 608 – Questionário da obra 1, Parte V de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

pillhas, normalmente nos cantos dos cômodos; X-Restos de poliestireno: em sacos; XI - Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: em sacos; XII- Serradura: em sacos; XIII - Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinças e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): são colocados à parte dos outros, para serem descontaminados (muito bem lavados) em obra; XIV - Restos de telas de proteção e de fachada: no chão, nos cantos dos apartamentos, junto às paredes; XV - restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: em sacos plásticos pretos que depois seguem para a coleta seletiva por intermédio de recolha por caminhão municipal; XVI - Resíduos de ambulatório: não existem; XVII - Óleos e gorduras alimentares: nos pavimentos superiores ao térreo não existem; XVIII - Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: não existem; XIX - Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: colocados à parte, e acondicionados em sacarias / sacos / para depois serem transportados manualmente, por funcionários, munidos de luvas protetoras;

**60** – Como (com que equipamento) são verticalmente transportados até o piso térreo os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: através de equipamento do tipo "sky-trek", dentro de caixotões de madeira; II - Pequenos pedaços de madeira: manualmente, em sacos; III - Grandes pedaços de madeira: através de equipamentos do tipo "sky-trek", nos respetivos "garfos"; IV - Resíduos de plástico rígido em geral:manualmente, em sacos; V - restos de sacos plásticos: manualmente, avulsamente ou em sacos; VI - Restos de gesso projetado: nos pisos mais elevados são colocados, os sacos de cimento vazios com o gesso dentro, são colocados dentro de caixotões de madeira, daí o equipamento do tipo "sky-trek" pega e transporta até o térreo; se for ao nível do piso imediatamente acima do térreo, funcionários transportam esses sacos decimento vazios com gesso dentro aos seus ombros, até a respectiva caçamba no térreo; VII - Placas de gesso cartonado: manualmente, até o térreo; VIII -Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: colocados avulsamente ou dentro de baldes, no caixotão de madeira, em cômodo com acesso ao equipamento do tipo "sky-trek", e este pega e leva até o térreo; IX - Restos de papéis e papelões: colocados em sacaria e transportados manualmente até o térreo; X - Restos de poliestireno: colocados em sacaria e transportados manualmente até o térreo; XI - Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: sacos transportados manualmente até local próprio, para acondicionamento no térreo; XII - Serradura: em sacos, manualmente até o térreo; XIII - Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinças e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): manualmente, por funcionários devidamente protegidos com luvas; XIV - Restos de telas de proteção e de fachada: nos pisos mais elevados, são colocadas dentro do caixotão de madeira, em local de acesso ao equipamento do

Figura 609 – Questionário da obra 1, Parte VI de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

tipo "sky-trek", este pega e leva para o térreo, mas como são materiais leves, muitas vezes são colocados dentro de sacos / sacarias e transportados manualmente até o térreo, para serem armazenados em local apropriado; XV – restos de comida e respectivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: em sacos, manualmente; XVI – Resíduos de ambulatório: não há; XVII – Óleos e gorduras alimentares: nos pavimentos superiores ao térreo não são transportados verticalmente para este porque não existem; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: manualmente, dentro de sacos, por funcionários munidos de luvas protetoras;

**61** – Como (com que dispositivos) são armazenados no piso térreo os seguintes materiais: I – Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: em caçambas de três tipos: caçambas exclusivas para solos, caçambas exclusivas para entulhos (cimentícios e cerâmicos), e caçambas de "mistos" (solos misturados com entulhos); II – Pequenos pedaços de madeira: se não forem reaproveitados, em caçambas exclusivas para madeiras; III – Grandes pedaços de madeira: se não forem reaproveitados, em caçambas exclusivas para madeiras; IV – Resíduos de plástico rígido em geral: em "bags" próprios para esse tipo de material; V – restos de sacos plásticos: em "bags" específicos para plásticos moles; VI – Restos de gesso projetado: em caçambas exclusivas para gessos; VII – Placas de gesso cartonado: em caixotes/ recipientes, com as faces laterais em rede metálica; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: em tambores metálicos de 200 litros; X – Restos de papéis e papelões: em "bags" próprios para este tipo de materiais; XI – Restos de poliestireno: em "bags" próprios para este tipo de materiais; XII – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: em caixotes/recipientes, com as faces laterais em rede metálica, próprios para estes materiais; XIII – Serradura: nas caçambas exclusivas para madeiras; XIV – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respectivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): num local / área exclusiva para este tipo de materiais, para serem muito bem lavados / descontaminados, antes de vir uma empresa especializada que se encarrega de os destinar; XV – Restos de proteção e de fachada: no respectivo "bag" para esse tipo de materiais, no térreo; XVI – restos de comida e respectivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: dentro de sacos plásticos: em zona delimitada para eles, no térreo, para posteriormente serem recolhidos pelo caminhão da prefeitura municipal; XVII – Resíduos de ambulatório: não existem; XVIII – Óleos e gorduras alimentares: em sacos plásticos, para serem recolhidos / coletados pelo caminhão da prefeitura municipal que também leva os lixos; XIX – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: não existem; XX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de

Figura 610 – Questionário da obra 1, Parte VII de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

proteção e botas contaminadas: são armazenados numa área à parte, para resíduos considerados perigosos;

**62** – Qual é a destinação/disposição final dos seguintes resíduos gerados dentro do canteiro de obra vertical: I – Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: está na respectiva CTR, o Gestor de Obra não foca muito sua atenção nisso, mas a Responsável da Qualidade da empresa sabe para onde vão; II – Pequenos pedaços de madeira: está na respectiva CTR, o Gestor de Obra não foca muito sua atenção nisso, mas a Responsável da Qualidade da empresa sabe para onde vão; III – Grandes pedaços de madeira: está na respectiva CTR, o Gestor de Obra não foca muito sua atenção nisso, mas a Responsável da Qualidade da empresa sabe para onde vão; IV – Resíduos de plástico rígido em geral: está na respectiva CTR, a responsabilidade da respectiva destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe, de nome Acacia; V – restos de sacos plásticos: Resíduos de plástico rígido em geral: está na respectiva CTR, a responsabilidade da respectiva destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe, de nome Acacia; VI – Restos de gesso projetado: está na respectiva CTR, o Gestor de Obra não foca muito sua atenção nisso, mas a Responsável da Qualidade da empresa sabe para onde vão; VII – Placas de gesso cartonado: não sabe; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: sacateiros para os quais esses materiais são vendidos pela obra; IX – Restos de papéis e papelões: está na respectiva CTR, a responsabilidade da respectiva destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe, de nome Acacia; X – Restos de poliestireno: está na respectiva CTR, a responsabilidade da respectiva destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe, de nome Acacia; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: Não sabe; XII – Serradura: está na respectiva CTR, o Gestor de Obra não foca muito sua atenção nisso, mas a Responsável da Qualidade da empresa sabe para onde vão; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respectivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): é uma empresa especializada que se encarrega de fazer a destinação final desse tipo de resíduos; XIV – Restos de telas de proteção e de fachada: está na respectiva CTR, a responsabilidade da respectiva destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe, de nome Acacia; XV – restos de comida e respectivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: a sua destinação final é da responsabilidade da prefeitura municipal; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: a sua destinação final é da responsabilidade da prefeitura municipal; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: isso é da responsabilidade de uma empresa especialmente contratada pela construtora para proceder ao descarte de materiais considerados perigosos, e que

Figura 611 – Questionário da obra 1, Parte VIII de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

para tal cobra um preço mais caro que os transportadores dos outros tipos de resíduos gerados na obra;

63 – Qual o total de área construída obra 1: 12.100m<sup>2</sup> (é o valor que consta no alvará de construção da obra);

64 – Número de pavimentos de cada torre: térreo + 3 (todos iguais uns aos outros);

65 – Número de pavimentos-tipo de cada torre: 4 **Comentário: Logo, a relação entre o nº de pavimentos tip / nº total de pavimentos = 1;**

66 – Área total de todos os pavimentos de cada torre: Torre1: 1820m<sup>2</sup> (dividir por 4, que é o nº de pisos iguais); Torre 2: 3.640m<sup>2</sup> (dividir por 4, que é o nº de pisos iguais); Torre 3: 3.640m<sup>2</sup> (dividir por 4, que é o número de pisos iguais);

67– Sistema construtivo: Estrutura = alvenaria estrutural; Vedação = Alvenaria estrutural;

68 – Nº de prédios de cada torre = 1 (sendo que 2 torres têm 6 blocos);

69 – Tem torres idênticas: Sim;

69 – Número de pavimentos de cada torre: térreo + 3 (todos iguais uns aos outros);

70 – Densidade de paredes internas do Pavimentos: **A determinar;**

71 – leC (Índice econômico de compactidade – usam-se as dimensões do apartamento-tipo) →  $leC = [ 2 * (Ap * Pl)^{1/2} * 100 ] / PeP$ ; em que : leC = Índice econômico de compactidade ; Ap = Superfície de Projeto; PeP = Perímetro Econômico de Projeto, sendo o PeP = Ppr (perímetro das paredes exteriores retas) + 1,5 \* Ppc (perímetro das paredes exteriores curvas) + [nA / 2] (sendo nA o número de arestas das fachadas);

72 – Personalizam apartamentos em fase de construção: Sim ( ); Não ( );

73 – Reuso de resíduos em canteiro: Sim = 1; Não = 0; Neste caso, como praticamente só há reuso de madeiras, e uma pequena parcela de materiais plásticos rígidos, dever-se-á atribuir uma nota de 0,5 ou menos;

74 – Organização do canteiro: (escala de 0 a 5) → Limpeza do canteiro : 4

→ Preocupação com a Segur. Fucion. = 4

→ Ferram. de Gestão da Qualidade = 5

75- Sistema produtivo: (pontuação de 1 a 3) - Segue os seguintes critérios:

1 = Sistema artesanal: Estrutura em concreto armado moldado no local + Alvenaria de vedação sem paginação (**tem paginação**) + Alvenaria de divisão interna em tijolo + Corte e dobra do aço em canteiro (**90% do aço já é comprado cortado e modado**) + produção de argamassa no canteiro (**só cerca de 15% da argamassa de assentamento de bloco estrutural**) + poucos equipamentos de transporte na obra: **Comentário: Está acima deste estágio, logo pontuação será maior que 1);**

2 = Sistema intermediário quanto a industrialização: Estrutura em concreto armado e moldado no local + Alvenaria de vedação sem paginação (**é paginada**) + Alvenaria de divisão interna em tijolos + corte e dobra de aço industrializados (**praticamente sim**) + argamassa industrializada (**cerca de 90% é**) + uso de alguns componentes pré-fabricados (**Sim**) + Alguns equipamentos de Transporte na Obra (**Sim**) ;

Figura 612 – Questionário da obra 1, Parte IX de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

3 = Sistema construtivo com práticas industrializadas: Concreto armado e moldado no local + Alvenaria de vedação externa em blocos racionalizados com projeto de paginação (Sim) + Toda a alvenaria interna em "dry-wall" (**Não !!**) + corte e dobra de aço industrializados (praticamente sim) + argamassa industrializada (praticamente sim) + utilização de componentes pré-fabricados (só alguns) + ampla aplicação de equipamentos de transporte na obra (+ ou -) emprego de filosofia de construção enxuta (sobretudo quanto a abastecimento otimizado de materiais nos postos de trabalho (ferramentas como Kanban e Just-in-time) (+ ou - porque aplicam muita gestão visual e o abastecimento de materiais nos postos de trabalho é razoável); **Comentário: considerando tudo no geral julga-se que a pontuação da obra neste item andarà em torno dos 2,5;**

Figura 613 – Questionário da obra 1, Parte X de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

## **5.4 ESTUDO DE CASO – OBRA 2**

Após realizado estudo o estudo-piloto e o estudo de caso na obra 1 os procedimentos a realizar na obra a seguir, a obra 2, já estavam relativamente consolidados. No entanto, a obra levantou um problema à pesquisa, no sentido de que já estava numa etapa de trabalhos muito mais adiantada que a obra 1, já estava em fase de acabamentos, donde, os volumes de resíduos gerados e mesmo a observação in loco dos procedimentos de manejo dos resíduos tornaram-se mais difíceis de observar e registrar em fotos. Quando o pesquisador saiu de obra havia partes das instalações do canteiro que já estavam sendo desmobilizadas, inclusivé.

A seguir se descreve o realizado durante o estudo de caso feito na obra 2.

### **5.4.1 A CONSTRUTORA, A OBRA E A LOCALIZAÇÃO**

A obra 1 pertencia ao portfolio de obras da mesma construtora da obra 1, e com tal o perfil da empresa já foi traçado anteriormente.

A obra 2 era um condomínio fechado, com área de lazer, piscina e área de churrasqueira, com apartamentos de dois dormitórios, com um total de 160 unidades de 43,06 m<sup>2</sup> cada, distribuídas por três torres de 4 pisos idênticos cada, sendo que duas torres tinham 3 blocos e uma delas tinha 4 blocos. Era portanto uma obra do mesmo tipo mas menor que a obra 1. A obra também fazia parte do Programa Minha Casa Minha Vida, e também se situava em Araraquara, estado de São Paulo, na mesma rua que a obra 1, cerca de 100 metros mais abaixo.

### **5.4.2 O CONTATO INICIAL**

O contato inicial para efetuar estudo de caso na obra 2 já foi mais facilitado do que o da obra 1, porque ao longo do estudo de caso nesta última, foram-se conhecendo várias pessoas ligadas ao setor de Engenharia da empresa, entre os quais o Coordenador Geral de Engenharia da Regional de Araraquara, junto de quem se diligenciou então a entrada em obra na obra 2, tendo este, antes de comunicar a aceitação do pedido por parte do pesquisador, consultado quer a Supervisora/Gestora de Qualidade da empresa, quer seus superiores no organograma hierárquico da construtora, obtendo o consentimento dos mesmos. No fundo se tratou de uma porta que se abriu durante o estudo de caso da obra 1.

Foi marcada uma reunião com o Engenheiro Gestor da Obra, durante a qual lhe foram passados elementos em tudo semelhantes aos das figuras 451, 452 e 453 (empresa

estudo-piloto), com as necessárias adaptações em face da mudança de Professor acompanhante. Também aqui não foi solicitada uma programação detalhada das visitas em obra correspondentes às visitas do primeiro mês. A reunião decorreu já no início do mês de Março de 2019, tendo a entrada em obra ocorrido praticamente de seguida, em relação à saída do canteiro da obra 1. As visitas a canteiro efeturaram-se também num ritmo bi-semanal, tendo se tornado semanais apenas nas duas últimas semanas. As visitas terminaram no início do mês de Junho de 2019.

### **5.4.3 OBSERVAÇÃO DIRETA SEM INTERVENÇÃO**

#### **5.4.3.1 ETAPAS DE MANEJO DAS DIFERENTES CLASSES E TIPOS DE RESÍDUOS (triagem/segregação e acondicionamento inicial; coleta e transporte horizontal nos pavimentos; acondicionamento intermediário nos pavimentos; transporte vertical para o térreo; transporte horizontal no térreo; armazenamento final no térreo; remoção e transporte para fora do canteiro)**

De novo a preocupação manteve-se em registrar sem intervir, sem interferir com os procedimentos de manejo de resíduos da construtora, embora neste caso essa preocupação não tivesse tanta razão de existir dada a quantidade diminuta de resíduos que já estavam sendo gerados em obra, face à fase em que esta já se encontrava. Dessa forma, mais do que os registros fotográficos, acabou por ser o questionário aplicado junto do Engenheiro Gestor de obra que nos ajudou a compreender o modo como o manejo dos vários resíduos era feito em obra era efetuado, das respostas ao qual foi possível perceber que a construtora tem modos de procedimento/manejo dos seus resíduos que são bastante idênticas. Existe, por assim dizer, um modo de proceder que é transmitido e treinado com os funcionários, e que depois é aplicado generalizadamente, com muito poucas variações, nas várias obras da empresa.

##### **5.4.3.1.1 CLASSE A (Cimentícios e cerâmicos; solos)**

- Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo: do questionário aplicado ao Engenheiro Gestor de obra foi-nos possível concluir que este tipo de resíduos começava por ser segregado e triado em pequenas pilhas, fossem junto às paredes ou no meio dos cômodos, normalmente com recurso ao auxílio de pás, ou, em se tratando de resíduos de menores dimensões por varrição, esperando serem posteriormente transportados ao longo desses pavimentos superiores ao térreo

Uma vez mais referir que na obra 2 a esmagadora maioria dos resíduos de classe A produzidos foram resíduos cimentícios, visto que as paredes eram todas executadas em blocos de concreto e não de tijolo, e, obviamente, a esses níveis, não existem escavações ou movimentações de terras capazes de produzir resíduos de solos significativos.

- Coleta e transporte inicial nos pavimentos superiores ao térreo: ainda segundo as respostas ao questionário feito com a colaboração do Engenheiro Gestor da obra 2, e ao nível dos pavimentos superiores ao térreo, a coleta deste tipo de resíduos de classe A é feita para dentro de latas vazias ou carinhos de mão/jericas, manualmente, pelos funcionários, com auxílio de pás. Quando a coleta é feita para dentro de baldes, os funcionários acabam carregando os mesmos em ombros, ou pendurados nas respectivas mãos, manualmente, ao longo dos pavimentos. Quando é usada a jERICA o transporte horizontal nos pavimentos superiores ao térreo é feito manualmente também, mas dentro das mesmas, empurrando-as.

- Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo: de acordo com o Engenheiro Gestor de obra, e à semelhança da obra 1, também aqui este tipo de resíduos (classe A), começa por ser empilhado numa pilha já de dimensões razoáveis, junto às paredes de um cômodo com uma abertura suficientemente grande para ser acessível a equipamento tipo sky-trek, sendo posteriormente transferidos para dentro de um caixotão de madeira, esperando serem removidos até o térreo.

- Transporte vertical para o térreo: ainda de acordo com o Engenheiro Gestor de Obra, os resíduos de classe A são transportados verticalmente até o térreo dentro dos caixotões de madeira, por intermédio dos “garfos” dos equipamentos tipo “sky-trek”, para depois serem conduzidos já no térreo por estes equipamentos, até os dispositivos de armazenamento final no térreo.

- Transporte horizontal no térreo: quando os resíduos de classe A são gerados no pavimento térreo, acabam sendo transportados até seus locais de armazenamento final por intermédio de carrinhos de mão/jericas.

- Armazenamento final no térreo: os resíduos de classe A sofrem armazenamento final no piso térreo em caçambas próprias para esse efeito, conforme as fotos 132 a 135.





Fotos 132 (esquerda) e 133 (direita) – Resíduos classe A, cimentícios/entulhos, sofrendo armazenamento final em caçambas próprias para o efeito, na obra 2 (o pesquisador, 2019);



Fotos 134 (esquerda) – Resíduos classe A, cimentícios / entulhos, sofrendo armazenamento final em caçamba própria para o efeito, na obra 2; Foto 135 (direita) – Resíduos classe A do tipo solos, sofrendo armazenamento final em caçamba exclusiva para eles, no térreo, na obra 2 (o pesquisador, 2019)

- Retirada do canteiro: à semelhança da obra 1, também na obra 2 os resíduos do tipo A são retirados de canteiro por caminhões poliguindaste, com as respectivas lonas das caçambas cobertas, sendo que os transportadores preenchem as correspondentes CTR's (fichas de controle de transporte e recebimento).

#### 5.4.3.1.2 CLASSE B (gessos, madeiras, papeis e papelões, plásticos, isopor, metais, sacarias, vidros)

##### **GESSOS:**

- Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo: de acordo com o Engenheiro Gestor de obra, em resposta a questionário aplicado, os

gessos são ou triados/segregados por varrição, e acondicionados inicialmente dentro de sacos de cimento vazios, seja nas áreas centrais dos cômodos ou junto de suas paredes.

- Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo: ainda segundo Engenheiro Gestor de Obra, e nos pavimentos superiores ao térreo, o gesso costuma ser transportado manualmente aos ombros, por funcionários, em sacos de cimento cheios, até cômodo acessível a equipamento tipo “sky-trek”.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pisos de cota mais alta, os resíduos de gesso são acondicionados intermediariamente dentro de sacos de cimento vazios, em cômodo “aberto” (acessível a equipamento do tipo “sky-trek”), e posteriormente transferidos para dentro de caixotão de madeira, ainda nesse mesmo cômodo. Já no pavimento imediatamente acima do térreo, muitas vezes não chega a haver acondicionamento intermediário nesse tipo de cômodos, acabando o gesso por ser transportado verticalmente e manualmente pelas escadas, até o térreo, pelos funcionários.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cota mais elevada, são transportados para o térreo por equipamento tipo “sky-trek”, dentro de caixotão de madeira. Já no pavimento imediatamente acima do térreo, e como referido, muitas vezes são transportados manualmente, pelas escadas, dentro de sacos de cimento, aos ombros dos funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** no térreo os resíduos de gesso podem ser transportados de 3 formas diferentes; assim, se eles forem provenientes do pavimento imediatamente acima do térreo eles poderão continuar a ser transportados pelo funcionário que já os trouxe do piso superior, e que os conduzirá a armazenamento final do térreo, em caçamba; se forem provenientes dos pisos mais acima, será o equipamento tipo “sky-trek” que procederá a esse transporte, com os resíduos acondicionados em sacos de cimento vazios dentro de caixotão de madeira, até armazenamento final no térreo; Se esses resíduos tiverem sido gerados no térreo, normalmente esse transporte horizontal até armazenamento final no térreo é feito por meio de jérica/carrinho de mão.

- **Armazenamento final no térreo:** os resíduos de gesso são armazenados no térreo em caçambas exclusivas para este tipo de material, conforme a foto 136.





Foto .136 – Armazenamento final no térreo, de resíduos de gesso (classe B), em caçamba exclusiva para esse propósito, e na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

- Retirada do canteiro: tal como já acontecia na obra 1, os resíduos de gesso são retirados de canteiro por meio de caminhões poliguindaste, com as respectivas caçambas cobertas por lonas, e sendo que os transportadores preenchem as correspondentes CTR's (fichas de controle de transporte e recebimento).

**MADEIRAS:** Uma vez mais os procedimentos referentes às madeiras podem variar um pouco, em algumas etapas, de acordo com o tamanho das ditas.

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo: de acordo com o que o Engenheiro Gestor de obra afirmou, e independentemente do tamanho das peças, elas são normalmente triadas/segregadas manualmente, pelos funcionários, e acondicionadas em pilhas, seja nas zonas centrais dos cômodos seja junto às paredes dos mesmos, nos pavimentos, sendo que os de pequenas dimensões normalmente colocados dentro de sacos de ráfia, a seguir.**

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo: uma vez mais e** nesta etapa existe diferença em função do tamanho dos resíduos de madeira. Se forem pequenos pedaços, a coleta é feita para dentro de sacos de ráfia, sendo estes transportados horizontalmente e manualmente por funcionários. Se forem resíduos de madeira de médias ou grandes dimensões, a coleta é feita de modo avulso ou em feixes, manualmente, e são transportadas horizontalmente e manualmente pelos funcionários.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo: tal como confirmado pelo Engenheiro Gestor de Obra,** os resíduos de madeira eram acondicionados intermediariamente em cômodos “abertos”/acessíveis a “sky-trek”. Sendo de pequenas dimensões, dentro de sacos de ráfia. Sendo de média ou grande dimensão, de forma avulsa ou em feixes. Numa fase posterior, e independentemente do seu tamanho, todos são transportados para dentro de caixotão de madeira, para serem transportados

verticalmente para o térreo pelo “sky-trek”. Se forem excepcionalmente grandes, são levados até o térreo por meio do “sky-trek”, nos respectivos garfos..

- **Transporte vertical para o térreo:** seja dentro do caixotão de madeira seja nos garfos do “sky-trek”, o transporte vertical para o térreo é sempre executado por este tipo de equipamento.

- **Transporte horizontal no térreo:** se os resíduos de madeira forem provenientes dos pisos superiores, é feito pelo equipamento tipo “sky-trek”. Se forem gerados no térreo, e sendo de pequenas dimensões, são transportados manualmente dentro de sacos de rafia pelos funcionários. Os médios e grandes são transportados horizontalmente no térreo em feixes ou de forma avulsa, até o local de armazenamento final (caçambas exclusivas para madeiras).

- **Armazenamento final no térreo:** os resíduos de madeira são armazenados em caçambas exclusivas para esse tipo de material, no térreo.



Fotos 137(esquerda) e138 (direita) – Armazenamento final no térreo de madeiras (classe B), em caçambas exclusivas para esse propósito, e na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

- Retirada do canteiro: de forma semelhante aos resíduos de classe A, também as madeiras são retiradas de canteiro por caminhões poliguindaste, com as caçambas cobertas por lonas, e sendo que os transportadores preenchem as correspondentes CTR's (fichas de controle de transporte e recebimento).

#### **PLÁSTICOS DUROS/RÍGIDOS:**

- Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo: o Engenheiro Gestor de Obra confirmou que era hábito os plásticos duros/rígidos serem triados/segregados manualmente e acondicionados inicialmente nos pavimentos superiores em pequenas pilhas, fosse nas zonas mais centrais dos cômodos fosse junto às paredes dos mesmos, sendo depois transferidos para sacos de rafia ou para baldes.

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pavimentos de cotas mais altas, e depois de coletados em baldes ou sacos de ráfia, os plásticos duros/rígidos são transportados manualmente por funcionários, até cômodo acessível a “sky-trek” que posteriormente os conduzirá ao térreo. Como são materiais leves, ao nível do pavimento imediatamente acima do térreo, alternativamente, são muitas vezes diretamente transportados por funcionários, manualmente, até o térreo.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pisos de cotas superiores, o acondicionamento destes materiais é feito em baldes ou sacos de ráfia, nos cômodos acessíveis ao “sky-trek”, e depois transferidos para caixotão de madeira. Sendo materiais leves, e se for no piso imediatamente acima do térreo, esta fase de acondicionamento intermediário muitas vezes não chega a existir pois eles são transportados manualmente por funcionários diretamente até o térreo.

- **Transporte vertical para o térreo: o Engenheiro Gestor de Obra afirmou que,** se nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotão de madeira, pelo “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é muitas vezes feito de forma manual e direta até armazenamento final no térreo.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito ou dentro de caixotões de madeira, pelo “sky-trek”, ou manualmente por funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** a foto 139, mostra essa etapa para plásticos duros, na obra 2. Assim, eles sofrem armazenamento final em bags, numa área do canteiro delimitada propositalmente não apenas para eles como para outros tipos de materiais ditos “recicláveis”.



Foto 139 – Armazenamento final de plástico duro em área delimitada para bags, no térreo, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** os plásticos duros, bem como outros resíduos ditos “recicláveis”, são sujeitos a coleta seletiva e retirados de canteiro em caminhões de caixa fechada da mesma empresa municipal que já executava esta etapa, na obra 1.

## **PLÁSTICOS FINOS/MOLES:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** normalmente são inicialmente triados/segregados manualmente e acondicionados empilhados junto às paredes, nos cômodos dos pavimentos, esperando seu transporte.

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** o Engenheiro Gestor de Obra confirmou, em questionário que lhe foi aplicado, que nos pavimentos de cotas mais altas, ou são coletados para dentro de sacos de ráfia e depois transportados horizontalmente, de forma manual, pelos funcionários, até cômodos acessíveis a “sky-trek”, ou é feito de forma avulsa até os ditos cômodos, sem haver acondicionamento dentro dos sacos de ráfia. No pavimento imediatamente acima do térreo, normalmente são primeiro coletados para dentro de sacos de ráfia e transportados diretamente para o térreo, ou seja, é já feito um transporte primeiramente na horizontal, no pavimento, mas de seguida e na continuação vertical até o térreo, sem divisão de etapas nem acondicionamento intermediário.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** ao nível dos pisos de cotas superiores, esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek”, em pilhas, avulsamente, ou dentro de sacos de ráfia, esperando serem transferidos para caixotão de madeira; no pavimento imediatamente acima do térreo esta etapa de acondicionamento intermediário normalmente não chega a existir, já que transporte horizontal no pavimento e vertical em direção ao térreo são feitos de imediato, de seguida, dentro de sacos de ráfia.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cotas mais altas é feito dentro de caixotões de madeira, em sacos de ráfia ou avulsamente, e por meio do equipamento do tipo “sky-trek”; no pavimento imediatamente acima do térreo é feito manualmente, dentro de sacos de ráfia, por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** é feito de forma manual, dentro de sacos de ráfia, ou de modo avulso, por funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** as fotos 140 e 141 mostram essa etapa para este tipo de resíduos. Assim, eles sofrem armazenamento final em bags, numa área do canteiro delimitada propositalmente para esse efeito.



Fotos 140 (esquerda) e 141 (direita) – Resíduos plásticos moles/finos, armazenados em zona delimitada para bags de “recicláveis”, no térreo da obra 2

- **Retirada do canteiro:** os plásticos moles/finos são retirados por coleta seletiva pelo caminhão da empresa municipal já referenciada.

#### **METAIS:**

- **Triagem/segregação e acondicionamento inicial nos pavimentos superiores ao térreo:** também aqui o Engenheiro Gestor confirmou que é hábito os resíduos metálicos, ao nível dos pavimentos superiores, serem acondicionados em pequenas pilhas, seja no centro dos cômodos ou junto às respectivas paredes, ou até já dentro de latas ou baldes nos cômodos referidos.

- **Coleta e transporte inicial horizontal nos pavimentos superiores ao térreo:** nos pavimentos de cotas superiores, ou são colocados dentro de latas ou baldes e depois transportados para cômodo acessível ao “sky-trek”, ou simplesmente são transportados de forma manual, em pequenos feixes, por funcionários, para esses mesmos cômodos. No pavimento acima do térreo, são frequentemente coletados em pequenas latas ou baldes, e de seguida já é feito quer seu transporte horizontal no pavimento quer também o vertical para o térreo, manualmente, por funcionários.

- **Acondicionamento intermediário nos pavimentos superiores ao térreo:** ao nível dos pisos mais elevados, ou esse acondicionamento intermediário é feito nos cômodos acessíveis ao “sky-trek” em pilhas, avulsamente, esperando ser transferidos para o caixotão de madeira, ou é feito nesses mesmos cômodos mas dentro de pequenas latas ou baldes. No piso acima do térreo não chega a existir acondicionamento intermediário.

- **Transporte vertical para o térreo:** nos pisos de cotas mais elevadas é feito dentro de caixotões de madeira, avulsamente ou em feixes, ou mesmo dentro de pequenas latas ou baldes, por meio do “sky-trek”; no pavimento acima do térreo é quase sempre feito manualmente, dentro de pequenas latas ou baldes, por funcionários.

- **Transporte horizontal no térreo:** normalmente é feito manualmente, em baldes ou latas vazias, ou avulsamente, em pequenos “feixes”, até os respectivos tambores metálicos, pelos funcionários.

- **Armazenamento final no térreo:** é feito em tambores metálicos de 200 litros, exclusivos para esse efeito, de modo semelhante à obra 1.

- **Retirada do canteiro:** também na obra os resíduos metálicos eram vendidos a sucateiro particular, embora se tenha ficado com a impressão de que se trataria de um outro sucateiro diferente do da obra 1. De todo o modo a responsabilidade da retirada de canteiro continuava sendo do sucateiro.

### **ISOPOR:**

De acordo com o questionário aplicado com o Engenheiro Gestor da obra 2, todas as etapas/procedimentos em relação a este tipo de material decorreram de modo bem semelhante ao observado para a obra 1. A foto 141 mostra o armazenamento deste tipo de materiais no correspondente “bag”, naquela zona delimitada de “bags” para “recicláveis” já referenciada, no térreo da obra 2.



Foto 142 – Armazenamento final de isopor (classe B) em área delimitada para bags, no térreo da obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** Também o isopor é retirado de canteiro por caminhões de caixa fechada, de coleta seletiva de recicláveis, por parte da empresa municipal referida anteriormente.

### **PAPÉIS E PAPELÕES:**

De acordo com o questionário aplicado com o Engenheiro Gestor da obra 2, todas as etapas/procedimentos em relação a este tipo de material decorreram de modo bem semelhante ao observado para a obra 1. As fotos 142 e 143 mostram o armazenamento



deste tipo de materiais no correspondente “bag”, naquela zona delimitada de “bags” para “recicláveis” já referenciada, no térreo da obra 2.



Fotos 143 (esquerda) e 144 (direita) – Armazenamento final de papéis e papelões (classe B) em área delimitada para bags, no piso térreo da obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro:** Também neste caso é a referida empresa municipal de coleta seletiva de recicláveis quem se encarrega de proceder à retirada dos papeis e papelões da obra.

#### **SACARIAS:**

De acordo com o questionário aplicado com o Engenheiro Gestor da obra 2, todas as etapas/procedimentos em relação a este tipo de material decorreram de modo bem semelhante ao observado para a obra 1. As fotos 144 e 145 mostram o armazenamento deste tipo de materiais no correspondente “bag”, naquela zona delimitada de “bags” para “recicláveis” já referenciada, no piso térreo da obra 2.



Fotos 145(esquerda) e 146 (direita) – Armazenamento final de sacarias (classe B) em área delimitada para bags, no piso térreo da obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

- **Retirada do canteiro: uma vez mais e também neste** caso é a referida empresa municipal de coleta seletiva de recicláveis quem se encarrega de proceder à retirada das sacarias da obra.

**VIDROS:** de acordo com o questionário aplicado ao Engenheiro Gestor da obra 2, não houve produção significativa de resíduos de vidro na obra até o instante do questionário.

#### **5.4.3.1.3 CLASSE C**

Uma vez mais enfatizar o fato de a resolução CONAMA nº 307/2002 e suas revisões não serem muito claras no fornecimento de exemplos de resíduos deste tipo definindo-os apenas como todos aqueles para os quais ainda não tenham sido desenvolvidas tecnologias economicamente viáveis para a respectiva reciclagem, e que por outro lado não se constituam como resíduos perigosos, que são os da classe D. Assim, e tal como referido anteriormente, entende-se que se possam enquadrar nesta classe resíduos **NÃO CONTAMINADOS** tais como restos de uniformes rasgados, botas de obra inutilizáveis, e outros desse tipo.

Dizer que não foram tipos de resíduos com produção significativa dentro da obra 2, e que o Engenheiro Gestor de Obra não foi absolutamente claro quanto ao encaminhamento, quanto aos procedimentos de manejo que esse tipo de resíduos recebiam em canteiro, e por outro lado eles já não eram visíveis à época em que as visitas de campo à obra 2 foram efetuadas, ao contrário do que aconteceu em relação à obra 1, em que foi perceptível que, depois de conduzidos ao terreiro, eles eram sujeitos a armazenamento final dentro de caixas de rede metálica específicas para este tipo de materiais, não havendo no entanto registros de retirada de obra dos mesmos da obra 1, pelo que permaneceu difusa essa última etapa quanto aos resíduos deste tipo de resíduos na dita obra. Na obra 2 nem sequer eram visíveis esse tipo de resíduos, nem as referidas caixas de rede metálicas para seu armazenamento.

**5.4.3.1.4 RESÍDUOS DE LOGÍSTICA REVERSA (pilhas e baterias, pneus inservíveis, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio ou mercúrio e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, outros).**

Uma vez mais o Engenheiro Gestor da Obra 2 acabou confirmando, pelo questionário, aquilo que já havia sido afirmado pelo Engenheiro Gestor da obra 1, ou seja, de que as obras não procedem à logística reversa de resíduos. Então, pelo menos neste ponto, é um sinal claro de que a empresa não está cumprindo o disposto na Lei nº



12.305/2010 (mais conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos), que obriga à sua devolução amontante na cadeia de logística reversa de fornecimento dos mesmos.

No entanto, ainda foi possível confirmar por questionário que, o manejo dado a um dos resíduos deste tipo, os pneus inservíveis, estava em consonância com os procedimentos da obra 1 anteriormente referidos e ilustrados, **mas apenas dentro dos limites da obra.**

#### **5.4.3.1.5 CLASSE D (PERIGOSOS)**

**RESÍDUOS PERIGOSOS (CLASSE D):** Pelas respostas ao questionário por parte do Engenheiro Gestor da Obra 2, não ficou claro quais os procedimentos de manejo deste tipo de resíduos em obra, não ficou tampouco claro que o Engenheiro estivesse de posse de uma noção de quais eram. Então esse é mais um ponto que não ficou esclarecido quanto ao que a obra fazia com resíduos de classe D (perigosos)

#### **5.4.3.1.6 REJEITOS**

##### **MATERIAIS ORGÂNICOS:**

De acordo com o questionário aplicado com o Engenheiro Gestor da obra 2, todaé possível afirmar que o manejo que estes resíduos tiveram ao longo do período de vida útil da obra 2 foram perfeitamente semelhantes aos que os mesmos tiveram na obra 1, e que já foram suficientemente detalhados.

#### **5.4.4 MATRIZES AHP PREENCHIDAS PELOS DECISORES DA OBRA 2**

Como já se estava de posse de um número bastante razoável de matrizes do tipo AHP para os níveis 2 e 3 da estrutura concebida para aplicação do método, ao problema da melhoria do gerenciamento de RCC em canteiros de obras de edifícios, apenas foi solicitado aos Engenheiros Gestor e Engenheiro Assistente que preenchessem a matriz de decisão de nível 4, que era um matriz ainda assim relativamente grande, pois mesmo depois de simplificadas as combinações de ações tratava-se de uma matriz quadrada de ordem 18. Trata-se da matriz da figura 614, com a notação correspondente à da figura 615. Assim, sempre que aparece a letra A significa que é uma ação que engloba RCC classe A; sempre que aparece o algarismo 1, significa que se trata de uma ação de reduzir; sempre que aparece a letra B significa que é uma ação executada sobre RCC classe B; sempre que aparece o algarismo 2 sigfica que se trata de uma ação de reusar/reutilizar RCC, e assim por diante (ver figura 510)



### 5.4.5.1. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (PGRCC) DA OBRA 2

A construtora solicitou a consultoria de uma empresa externa para a elaboração do referido documento, sendo a empresa que elaborou o mesmo para a obra 1, donde, em muitos pontos a estrutura dos dois PGRCC acaba sendo a mesma.

O PGRCC da obra 2 **faz a previsão da geração total de resíduos por classes para o total da obra, bem como essa previsão por etapas de execução dos trabalhos**, conforme as figuras 616 e 617. Essa previsão é baseada na já atrás referida dissertação de mestrado de Salomon Levy, de 1997, e que é citada por Santos em 2009. Dado que a dissertação de Levy é anterior ao ano de 2002, ela não consta do banco de dissertações e teses da EESC USP de São Carlos montada a partir desse ano de 2002, e seu acesso fica mais restrito. Ainda assim o pesquisador diligenciou no sentido de obter cópia do trabalho acadêmico de Levy, começando por contatar telefonicamente aquele que era seu orientador à época da dissertação, o qual teve a gentileza de nos fornecer o e-mail do Professor Dr. Salomon Levy. Entrou-se em contato por e-mail com o mesmo, solicitando cópia do referido trabalho acadêmico, mas não se obteve resposta.

| Tipo de Resíduo        | Volume gerado (m <sup>3</sup> ) | Nº de Caçambas/bags estimados |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| CLASSE A               | 865,44                          | 288,48                        |
| SOLO                   | 289,44                          | 96,48                         |
| CLASSE B (madeira)     | 144,00                          | 48,00                         |
| CLASSE B (Gesso)       | 72,00                           | 24,00                         |
| CLASSE B (Resicláveis) | 43,20                           | 43,20                         |
| CLASSE C               | 14,40                           | 4,80                          |
| CLASSE D               | 4,32                            | 1,44                          |
| Res. Org               | 5,76                            | 1,44                          |
| EPIs                   | 1,44                            | 1,00                          |
| <b>TOTAL</b>           | <b>1440,00</b>                  |                               |

Figura 616 – Previsão quantitativa de geração de resíduos na construção da obra 2 (Fonte: adaptado de Levy 1997, apud Santos 2009)

| Fase              | Classe A (m <sup>3</sup> ) | Classe B (m <sup>3</sup> ) | Classe C (m <sup>3</sup> ) | Classe D (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Fundação</b>   | 332,01                     | 34,73                      | 1,70                       | 0,32                       |
| <b>Estrutura</b>  | 173,15                     | 95,13                      | 3,47                       | 0,32                       |
| <b>Alvenaria</b>  | 457,19                     | 64,54                      | 5,30                       | 0,32                       |
| <b>Acabamento</b> | 192,53                     | 64,54                      | 3,93                       | 4,79                       |

Figura 617 – Estimativa de geração de resíduos por fase da obra 2 (Fonte: adaptado de Levy 1997, apud Santos 2009)

De destacar também que o PGRCC da obra 1 elaborado pela consultora externa traça uma matriz clara de responsabilidades dos vários intervenientes no gerenciamento dos RCC na obra 2, que é em tudo idêntica à da figura 591, apresentada para a obra 1.

O PGRCC da obra 2 apresenta também um organograma de como se estabelece o relacionamento hierárquico entre a consultora externa que elaborou o documento e a equipe da obra 2, que é em tudo idêntico ao da figura 592, anteriormente apresentada no PGRCC da obra 1

O PGRCC da obra 2 apresenta, nas suas páginas 37/60, 41/60 e 42/60 respectivamente um conjunto de metas e diretrizes do PGRCC, medidas para minimização dos resíduos, e as formas corretas de segregação dos resíduos que são exatamente aquelas que as figuras 593, 594 e 595 do PGRCC da obra 1 já apresentavam.

Entretanto, o PGRCC da obra 2 apresenta na sua página 38/60 um conjunto de estratégias e ações, para conseguir atingir as metas e diretrizes do PGRCC que vale a pena serem aqui destacadas, e que são as que se encontram na figura 618

- Treinamentos e capacitação dos colaboradores, tanto administrativos quanto operacionais;
- Zelar pela limpeza e organização constante da obra;
- Responsabilizar os funcionários da obra pela incorreta utilização dos insumos, materiais e dispositivos de uso comum;
- Primar pela obrigatoriedade do cumprimento das condições estabelecidas para a triagem dos resíduos;
- Atuar de forma articulada com terceiros com relação ao ciclo do gerenciamento dos resíduos, no planejamento transporte e destinação final;
- Estabelecer a responsabilidade compartilhada com cada um dos terceiros, examinando e aprovando as soluções para destinação e exigindo a apresentação da documentação pertinente;
- Avaliar os funcionários operacionais em relação à limpeza da obra, triagem dos resíduos nos locais de geração, acondicionamento final e destinação, penalizando os responsáveis por irregularidades; e
- Criação de uma política de pontos para mensuração das atitudes dos funcionários e empreiteiros da empresa com o intuito de recompensar aqueles que tenham as melhores práticas e punir os que tenham as piores, visando assim auxiliar na operacionalização do PGRCC.

Figura 618 – Estratégias e ações para se conseguirem cumprir as metas e diretrizes do PGRCC da obra 2 (Fonte: Ecohealth Engenharia e Meio Ambiente, 2018)

#### **5.4.5.2. PLANILHAS ELETRÔNICAS DE CONTROLE DE RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 2**

O tipo de planilhas eletrônicas usadas para este propósito na obra 2 são em tudo semelhantes às usadas na obra 1, como se pode verificar pelas figuras 619 e 620.

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, lajes, etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tais como os resíduos gerados nos sanitários das obras;

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como, telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

| Tipologia             | Classe Res. 307 |
|-----------------------|-----------------|
| Concreto              | A               |
| Argamassa             | A               |
| Cerâmica              | A               |
| Areia/Solo            | A               |
| Pedra                 | A               |
| Cerâmica Polida       | A               |
| Isopor                | B               |
| Madeira               | B               |
| Ferro                 | B               |
| Gesso                 | B               |
| Vidro                 | B               |
| Recicláveis           | B               |
| Resíduos Domiciliares | C               |
| Resíduos Perigosos    | D               |

| Nº do CTR | Data     | Resíduo | Em obra do Outro(s) obra(s) | Classe | Quantidade | Unidade de medida | Medida total em m³ | Empresa Transportadora | Empresa de Destinação Final | CTR recebido arquivado em documento assinado |
|-----------|----------|---------|-----------------------------|--------|------------|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| 3813      | 15/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 3814      | 15/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38339     | 15/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38340     | 17/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38510     | 17/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38511     | 17/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38728     | 18/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38686     | 18/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38957     | 22/04/19 |         | ENTULHO                     | A      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38958     | 22/04/19 |         | MADEIRA                     | B      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38687     | 18/04/19 |         | SUCATA                      | B      | 1,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 9         | 03/04/19 |         |                             | B      | 11,00      | m³                | 11,00              | ACACIA                 | ACACIA                      |  |
| 10        | 10/04/19 |         |                             | B      | 12,00      | m³                | 12,00              | ACACIA                 | ACACIA                      |  |
| 11        | 17/04/19 |         |                             | B      | 5,00       | m³                | 5,00               | ACACIA                 | ACACIA                      |  |
| 12        | 24/04/19 |         |                             | B      | 12,00      | m³                | 12,00              | ACACIA                 | ACACIA                      |  |
| 38.140    | 24/04/19 |         | MADEIRA                     | B      | 5,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38.144    | 30/04/19 |         | BARRICA                     | B      | 5,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38.044    | 05/05/19 |         | ENTULHO                     | A      | 5,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |
| 38.851    | 02/05/19 |         | ENTULHO                     | A      | 5,00       | m³                | 5,00               | REIDA CAÇANBA          | MORADO DO SOL               |  |

Figura 619 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 2, exemplo 1 (Fonte: o pesquisador, 2019)

|        |          |  |               |   |       |   |       |               |              |  |
|--------|----------|--|---------------|---|-------|---|-------|---------------|--------------|--|
| 38.636 | 18/04/19 |  | ENTULHO       | A | 1,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 38.957 | 22/04/19 |  | ENTULHO       | A | 1,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 38.958 | 22/04/19 |  | MADEIRA       | B | 1,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 38.637 | 18/04/19 |  | SUCATA        | B | 1,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 9      | 03/04/19 |  |               | B | 11,00 | M | 11,00 | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 10     | 10/04/19 |  |               | B | 12,00 | M | 12,00 | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 11     | 17/04/19 |  |               | B | 5,00  | M | 5,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 12     | 24/04/19 |  |               | B | 12,00 | M | 12,00 | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 39.140 | 24/04/19 |  | MADEIRA       | B | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 39.144 | 30/04/19 |  | BARRICA       | B | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 39.044 | 05/05/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 39.651 | 08/05/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 39.652 | 08/05/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 39.752 | 20/05/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 13     | 08/05/19 |  | PAPELÃO       | B | 2,00  | M | 2,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 14     | 15/05/19 |  | PLASTICO DURO | B | 4,00  | M | 4,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 15     | 22/05/19 |  | PLASTICO MOLE | B | 4,00  | M | 4,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 16     | 24/05/19 |  | PAPELÃO       | B | 2,00  | M | 2,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 40.218 | 24/05/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 40.219 | 24/05/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 17     | 24/05/19 |  | PAPELÃO       | B | 3,00  | M | 3,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 17     | 24/05/19 |  | PLASTICO DURO | B | 1,00  | M | 1,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 17     | 24/05/19 |  | PLASTICO MOLE | B | 2,00  | M | 2,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 17     | 24/05/19 |  | ISOPOR        | B | 1,00  | M | 1,00  | ACACIA        | ACACIA       |  |
| 40.527 | 31/05/19 |  | MADEIRA       | B | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 41.014 | 12/06/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 41.035 | 14/06/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 40.799 | 14/06/19 |  |               |   | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 41.351 | 18/06/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 40.336 | 06/06/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 40.668 | 18/06/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 41.374 | 21/06/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
| 41.375 | 21/06/19 |  | ENTULHO       | A | 5,00  | M | 5,00  | REIDA CAÇANBA | MORADADO SOL |  |
|        |          |  |               |   |       |   |       |               |              |  |
|        |          |  |               |   |       |   |       |               |              |  |
|        |          |  |               |   |       |   |       |               |              |  |

Figura 620 – Planilha eletrônica de controle volumétrico dos resíduos gerados na obra 2, exemplo 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



### 5.4.5.3. PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DA OBRA 2

Na falta da versão digital do projeto de canteiro da obra 2, optou-se por solicitar à construtora a planta de implantação da referida obra. Se trata da figura 621 a seguir

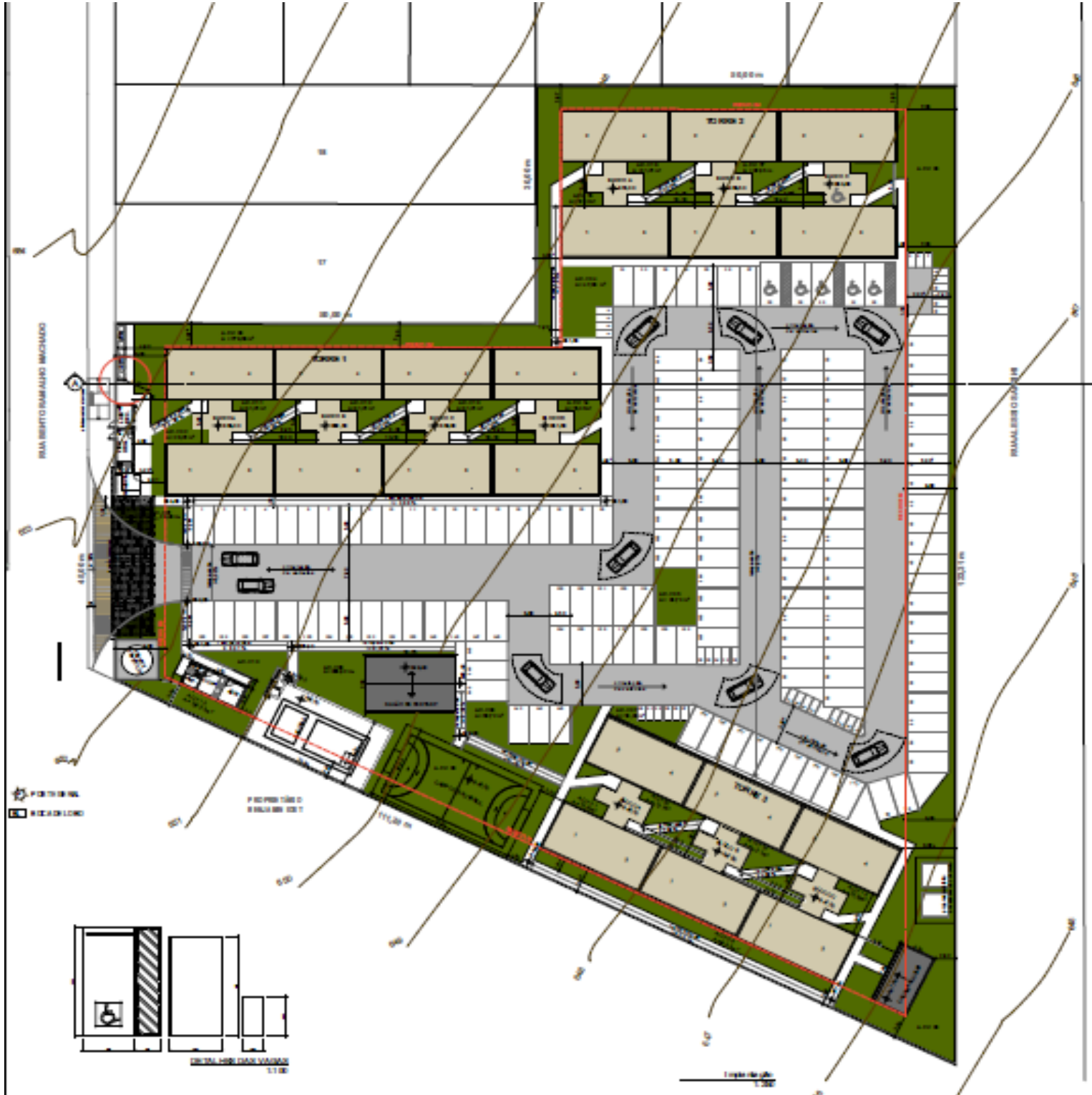


Figura 621 – Planta de implantação da obra 2 (pesquisador,2019)

#### 5.4.5.4 ELEMENTOS REFERENTES A ASPETOS CONEXOS AO GERENCIAMENTO DE RCC , TAMBÉM COLETADOS NA OBRA 2

Existem determinados aspectos que, embora não diretamente relacionados ao gerenciamento de RCC no canteiro de obra, acabam impactando mesmo que por via indireta o mesmo. Assim, tópicos relacionados com segurança no trabalho, limpeza e organização dentro de canteiro, ferramentas de gestão visual de obra, de transparência, de comunicação, ferramentas de aplicação de construção enxuta, acabam contribuindo para a difusão de uma “cultura de canteiro” que beneficia um bom gerenciamento de RCC no mesmo. As fotos 147 a 160 trazem alguns exemplos desses aspectos.



Foto 147 (esquerda) – Almojarifado perfeitamente limpo e organizado; Foto 148 (direita) – Área exterior de estocagem de materiais, perfeitamente delimitada, limpa e rotulada (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 149 (esquerda) – Refeitório, perfeitamente limpo e organizado; Foto 150 (direita) – Segurança no refeitório, com presença de extintor de incêndios (Fonte: o pesquisador, 2019)





Foto 151 (esquerda) – Refeitório, preocupação com correta separação entre resíduos; Foto 152 (direita) – Sanitários, registro de controle das limpezas efetuadas (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 153 (esquerda) – Vestiários, placa sinalizadora para manter o local limpo; Foto 154 (direita) – Espaço de biblioteca, limpo e organizado (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 155 (esquerda) – Ampla comunicação da Política de Qualidade da empresa; Foto 156 (direita) – Banheiros químicos espalhados ao longo do canteiro (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 157 (esquerda) – Transparência na comunicação de regras aos funcionários; Foto 158( (direita) – Bebedouros espalhados ao longo do canteiro, preocupação com a hidratação dos funcionários (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 159 (esquerda) – Segurança no trabalho, aviso sobre pregos no caminho; Foto 160( (direita) – Aviso revelador de cuidados com a proteção do trabalhador em relação à exposição solar (Fonte: o pesquisador, 2019)

#### 5.4.6 DIAGNÓSTICO SOBRE O GERENCIAMENTO DE RCC NO CANTEIRO DA OBRA 2

Após a etapa de observações diretas sem intervenção nos procedimentos de gerenciamento de RCC em canteiro, foi possível elaborar um diagnóstico sobre os mesmos, o qual foi entregue aos responsáveis da empresa. Uma parte do diagnóstico incluía precisamente parte do que havia sido registrado na etapa de observações diretas, pelo que se apresentam agora aqui e a seguir apenas alguns outros excertos e transcrições significativos desse mesmo diagnóstico. O documento entregue á construtora totalizava 35 páginas.

“.....Assim, e antes do mais, referir que quando se iniciaram as visitas de campo, a obra do 2 já se encontrava em fase de acabamentos, tanto que, no final do período das

mesmas, parte do canteiro já estava sendo desmobilizado, o que obrigou inclusive a que o pesquisador nas duas últimas visitas tivesse que tornar às instalações da obra 1, por questões logísticas..

Dessa forma, existem toda uma série de fatores que na obra 2 não puderam ser observados “in-loco” pelo pesquisador, como a organização do canteiro em termos de caminhos de circulação (a área interior às fronteiras do canteiro já estava com um espaço central vazio demasiado grande), delimitação de zona para baias de agregados (já não existiam grandes quantidades de agregados em obra), colocação da central de produção de argamassa com a respectiva baterias de betoneiras (já só restava uma betoneira em obra para o que fosse necessário produzir de argamassas ou concretos), os próprios bags, na zona delimitada para eles, estavam já praticamente vazios e com as placas sinalizadoras de cada um dos tipos de resíduos a armazenar em cada bag “gastas” (quase não legíveis), as próprias zonas reservadas à estocagem de certos materiais no térreo já eram muito menores que na obra 1, e outros aspetos correlacionados a este tipo de situações. Ainda assim foi possível observar aspetos comuns com a obra 1, que revelam que a empresa tem um modo próprio de gerenciar os seus resíduos, que é comum às suas várias obras.....”

“....Em termos de organização e limpeza das áreas de vivência, pode-se afirmar que era bastante boa, eventualmente ligeiríssimamente não tão boa quanto a da obra 1, mas bastante boa ainda assim. Em termos de sinalização nas áreas de vivência as duas obras eram basicamente equivalentes. As fotos 161 a 170 a seguir tentam ilustrar a situação do canteiro da obra 2 nestes quesitos.....”



Foto 161 (esquerda) – Aspeto geral de organização e limpeza nos vestiários da obra 2, foto 1/2; Foto 162 (direita) – Aspeto geral de organização e limpeza nos vestiários da obra 2, foto 2/2 (Fonte: o pesquisador, 2019)





Foto 163 (esquerda) – Aspetto geral de organização e limpeza nos sanitários da obra 2, foto1/2; Foto 164 (direita) – Aspetto geral de organização e limpeza nos sanitários da obra 2, foto 2/2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 165 (esquerda) – Aspetto geral de organização e limpeza no refeitório da obra 2, foto1/2; Foto 166 (direita) – Aspetto geral de organização e limpeza no refeitório da obra 2, foto 2/2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 167 (esquerda) – Aspetto geral de organização e limpeza na biblioteca da obra 2; Foto 168 (direita) – Aspetto geral de organização e limpeza no almoxarifado da obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 169 (esquerda) – Sinalética típica da obra 2, nas entradas das áreas de vivência, no caso o vestiário; Foto 170 (direita) – Sinalética de bebedouro, no interior do refeitório, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

“...Uma outra diferença encontrada no canteiro da obra do Ipê Branco em relação à do Ipê Roxo, foi a presença bem visível de um Técnico de Segurança do trabalho a tempo inteiro na obra, com o respectivo gabinete só para ele....”

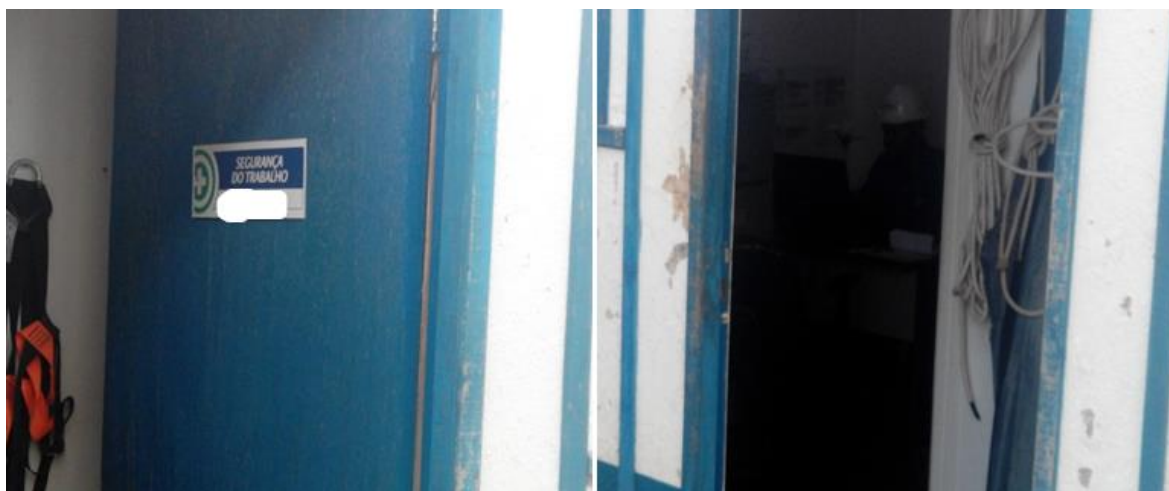


Foto 171 (esquerda) – Sinalização de gabinete de Segurança do Trabalho na obra 2; Foto 172 (direita) – Técnico de Segurança do Trabalho trabalhando dentro do seu gabinete, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

“.....de destacar que a área reservada ao almoxarifado foi sofrendo transformações ao longo do tempo de permanência em obra do pesquisador, visto que, tal como anteriormente referido, e gradativamente, no final das observações efetuadas, boa parte das instalações de canteiro se preparavam para ser desmobilizadas, algumas já tinham sido até.....”

“.....Em termos de comunicação da Política de Qualidade da empresa, bem como do uso de ferramentas para controle por Gestão Visual das obras os canteiros das obras 1 e 2 eram/são bastante equivalentes. Evidencia-se que existe uma forma de atuar “standard” da empresa nesses quesitos, conforme mostram as fotos a seguir.....”



Foto 173 (esquerda) – Comunicação da Política de Qualidade da empresa, na copa da obra 2; Foto 174 (direita) – Ferramenta de Gestão Visual, aplicada a controle de produção, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 175 (esquerda) – Ferramenta de acompanhamento e controle, por Gestão Visual, da execução dos projetos de gás, elétrica, redes de esgoto, de abastecimento de água e de drenagem, e de execução das fundações das torres, na obra 2; Foto 176 (direita) – Ferramenta de controle tecnológico do concreto, por Gestão Visual, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

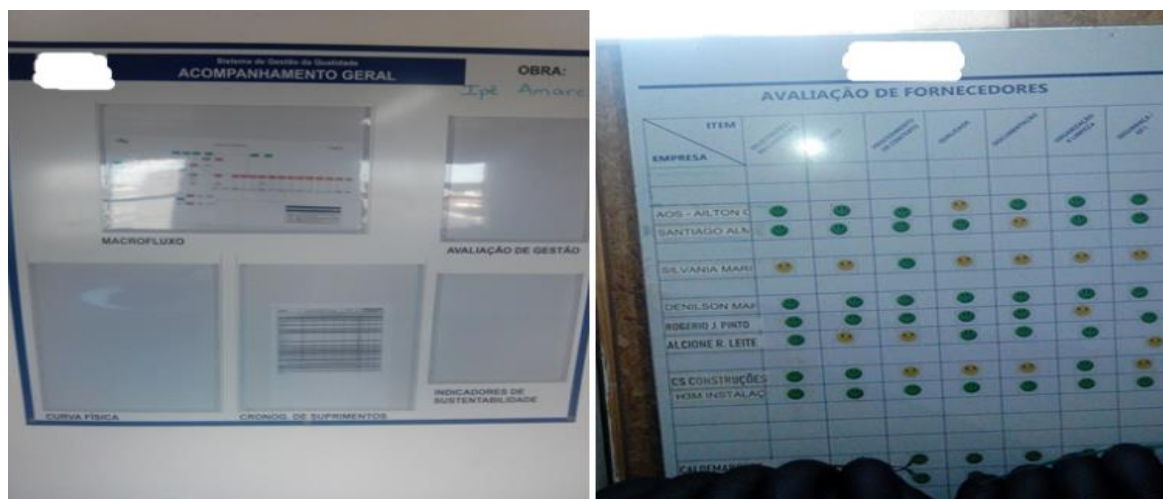


Foto 177 (esquerda) – Ferramenta de controle e acompanhamento geral da obra, por Gestão Visual, na obra 2; Foto 178 (direita) – Avaliação de fornecedores por Gestão Visual, na obra2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

As zonas dos vãos das escadas, na obra 2, eram melhor iluminadas que as da obra 1.

A obra 2 apresentava uma área de instalações em canteiro reservada a Administração e Engenharia bastante maior que a da obra 1, que era bastante mais “compacta”, nesse aspecto.

Por outro lado, enquanto que o Engenheiro Gestor na obra da obra 1 dispunha de um gabinete só para si, o da obra 2 dividia uma sala com um outro Engenheiro Assistente/Auxiliar, com o Engenheiro Estagiário e ainda com um outro quadro técnico.

A distância física entre essa sala e a dos restantes quadros de Administração de Obra e Engenharia/Apoio Técnico, na obra 2 era bastante considerável, o que, constraria um pouco os princípios da filosofia da Construção Enxuta, que propõe um maior contato e visualização entre os membros da equipe (inexistência de barreiras físicas, o que ajuda a estimular a comunicação/“transparência”).

Ao contrário da obra 1, onde numa pequena sala/espço trabalhavam dois administrativos, um Engenheiro Assistente e ainda outros dois Quadros Técnicos, na obra 2 havia uma sala com separação entre os dois Administrativos e o resto da equipe.

A obra 2, na sua área de Administração e Engenharia incorporava uma “sala para treinamentos”, o que não acontecia na obra1. E a sua sala de reuniões tinha uma área bastante mais ampla que a da obra 1.

Em termos gerais pode-se afirmar que as instalações das áreas de vivência da obra 2 eram maiores que as da obra 1, mas construídas com uso de materiais aparentemente



mais desgastados/danificados com o uso e o tempo, o que, contribuía para um aspecto de uma limpeza não tão boa quanto a da obra 1.

Na obra 2 aparentemente terá havido necessidade de retrabalhos em paredes e tetos que já estavam com gesso e/ou pintadas, por questões de umidade, o que leva a pensar que alguns desses trabalhos interiores deverão ter sido efetuados antes de executadas as impermeabilizações dos terraços de cobertura e os telhados, o que previsivelmente deverá ter feito aumentar a geração de resíduos (fotos 179 a 183).



Foto 179 (esquerda) – Umidade em paredes interiores dos cômodos, na obra 2; Foto 180 (direita) – Umidade nas paredes em zonas de áreas comuns, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 181 (esquerda) – Necessidade de retrabalhos nos tetos das zonas de áreas comuns, na obra 2; Foto 182 (centro) – Necessidade de retrabalhos nos tetos das zonas de áreas comuns, na obra 2; Foto 183 (direita) – Necessidade de retrabalhos nos tetos das zonas de áreas comuns, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019).

“.....Em relação aos fluxos, ao manejo de resíduos em obra, e suas várias etapas, a obra 2 representou para a pesquisa um desafio, visto que, quando as observações em campo se iniciaram, a obra já ia numa fase de acabamentos avançada, já. Assim, nos



blocos mais atrasados dentre as três torres, os trabalhos que se executavam nessa época eram já os seguintes: execução de algumas sancas junto aos tetos de cozinhas, assentamento de louças em algumas cozinhas, assentamento de louças em alguns banheiros, assentamento de portas de armários/dispensas nas zonas coletivas de cada piso, assentamento e pintura de corrimões em vãos de escada, execução de tetos falsos em alguns banheiros, colocação de estrutura metálica de cobertura em alguns blocos, colocação de vidros em algumas esquadrias, assentamento de pisos cerâmicos e rodapés nos quartos de alguns apartamentos, colocação das placas de cobertura em fibrocimento em alguns blocos, colocação de algumas tomadas e quadros elétricos por concluir, cumieiras, rincões e beirais por concluir em alguns blocos, pinturas por executar no geral.

“.....Melhor do que as palavras, talvez algumas fotos tanto exteriores quanto interiores consigam ilustrar o estado em que se encontrou a obra no início das visitas de campo, e porque teve que ser seguida uma metodologia diferente (aplicação de questionário ao Engenheiro Gestor da Obra) na determinação de como os fluxos dos vários resíduos em obra se processavam.....”

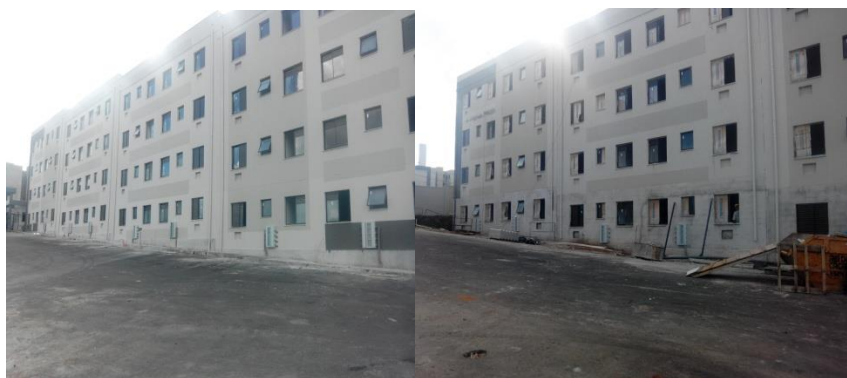


Foto 184 (esquerda) – Aspecto exterior inicial da torre 1, na obra 2; Foto 185 (direita) – Aspecto exterior inicial da torre 2, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 186 (esquerda) – Aspecto exterior inicial da torre 3, na obra 2; Foto 187 (direita) – Aspecto exterior inicial da torre 3, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 188 (esquerda) – Baia de pedrisco semi-vazia, na obra 2; Foto 189 (direita) – Baia de areia praticamente vazia, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 190 – Única betoneira a funcionar na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 191 (esquerda) – Caçamba para armazenamento final de entulhos, praticamente vazia, na obra 2; Foto 192 (direita) – Caçamba para armazenamento final de gesso praticamente vazia, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 193 (esquerda) – Zona central do canteiro da obra 2 já com amplo espaço vazio; Foto 194 (direita) – Tomadas elétricas por colocar, Bloco A, torre 3, na obra 2  
(Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 195 (esquerda) – Escadas para a cobertura por colocar, Bloco B, torre 3, na obra 2 Foto 196 (direita) – Esquadria com vidros por colocar, Bloco C, torre 3, na obra 2  
(Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 197 (esquerda) – Execução de teto falso em banheiro, Bloco A, torre 2, na obra 2; Foto 198 (direita) – Corrimão de escadas por lixar e pintar, Bloco B, torre 2, na obra 2  
(Fonte: o pesquisador, 2019)





Foto 199 (esquerda) – Louças sanitárias, umas assentes outras não, Bloco C, torre 2, na obra 2; Foto 200 (direita) – Fixação de peças de fibrocimento, em cobertura, bloco A, torre 2, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 201 (esquerda) – Quadro elétrico por aplicar, em área comum, Bloco A, torre 1, na obra 2; Foto 202 (direita) – Paredes por rebocar e pintar, quadro elétrico por colocar, Bloco B, torre 1, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 203 (esquerda) – Piso e rodapé cerâmico por colocar, em quarto, Bloco C, torre 1, na obra 2; Foto 204 (direita) – Assentamento de piso cerâmico na sala, Bloco D, torre 1, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 205 (esquerda) – Sanca em teto de cozinha por executar, e tanquinho por assentar, Bloco A, torre 1, na obra 2; Foto 206 (direita) – Esquadrias por terminar, em sala, Bloco B, torre 1, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 207 (esquerda) – Sanca no teto por executar, e pia por assentar, em cozinha, Bloco C, torre 1, na obra 2; Foto 208 (direita) – Pinturas por executar, em quarto, Bloco D, torre 1, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

“...Entretanto, sobra informação sobre aspetos de limpeza no canteiro de obra, apesar da fase adiantada de trabalhos. E pode-se fazer inclusivé uma **análise crítica ao próprio PGRCC da obra**, .....”

Comece-se por uma **análise crítica ao PGRCC da obra**: No na página 03/60 o PGRCC da obra refere: “...Além de atender as exigências da Lei 12.305 de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a Resolução CONAMA nº 307/02 e suas alterações 348 de 2004, 431 de 2011 e 448 de 2012, o presente PGRCC descreve um pouco sobre.....”.

“.....É certo que mais adiante o PGRCC discorre sobre aspetos relativos à Resolução Conama nº 469/2015, que foi uma 4ª e última correção à CONAMA nº 307/2002, e que traz, entre outras coisas, a definição de latas de tintas imobiliárias vazias com **filmes**

**secos** como podendo ser classificadas de resíduo classe D, mas, muito mais importante que isso, estabelece a **responsabilidade compartilhada ao longo de toda a cadeia de logística reversa que vai desde o importador até o consumidor para esses mesmos resíduos** (cadeia essa onde as construtoras e incorporadoras também se incluem). Bem como não refere (o PGRCC da obra 2), que entretanto surgiu a chamada “Lista Brasileira de Tipos de Resíduos de Construção Civil”, que deixa de lado a classificação apenas por classes dos resíduos, para passar a classificá-los segundo **19 diferentes tipos de resíduos**. Poderá residir aqui a resposta para o fato de que, quando confrontados perante a questão se a obra procedia à Logística Reversa dos seus Resíduos ambos os Engenheiros Gestores de Obra (tanto da obra 1 quanto da obra 2) terem respondido que não.

“.....Na tabela 1 da página 35/60 do PGRCC da obra .....é referido como exemplo de resíduo de classe A “LAJES”. Como é evidente, uma laje nunca poderá ser um resíduo de construção civil, pela sua envergadura. Ainda na tabela referida são criadas duas classes de resíduos (para além das classes A, B, C, D, da resolução CONAMA nº 307/2002)) que são: **EPI’s contaminados**” e **Orgânicos, Inorgânicos e EPI’s usados não contaminados**”. As questões que deixamos à consideração são as seguintes: em relação à primeira dessas “classes extra” definidas da tabela, a partir do momento em que, e tal como lá está escrito a título de exemplos para esses resíduos (uniformes, luvas, protetores auriculares, capacetes e óculos **contaminados com óleos ou resíduos perigosos**), eles estão **contaminados com resíduos perigosos**, não deveriam ser enquadrados na classe D da CONAMA 307 (classe D = resíduos perigosos)? Do mesmo modo, e para a segunda “classe extra” definida na tabela 1, e a partir do momento em que ela mesma refere que os resíduos que lá estão inclusos não estão contaminados, não poderiam ser inclusos na classe C da CONAMA nº 307 (Classe C = resíduos **não perigosos e para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias economicamente viáveis para serem reciclados**, e que devem ser manejados de acordo com normas técnicas específicas para o efeito) ? Deixam-se essas questões à consideração até pelo tipo de resíduos que na mesma tabela 1 estão inclusos na classe C, um pouco mais acima (Ex<sup>os</sup>: bisnagas **que não contenham resíduos de materiais não perigosos, resíduos orgânicos**, .....”)......”

“.....A página 37/60 do PGRCC da obra ..... refere como uma das metas e diretrizes do PGRCC a “Elaboração de Fluxogramas com entradas e saídas de material”, mas não foi possível observar este quesito no referido documento.....”

“.....A página 38/60 do PGRCC da obra ..... refere como uma das estratégias a ser implementada na obra”....Criação de uma política de pontos para mensuração das atitudes

dos funcionários e empreiteiros da empresa com o intuito de recompensar aqueles que tenham as melhores práticas e punir os que tenham as piores, **visando assim auxiliar a operacionalização do PGRCC.**” A última parte da citação levaria a crer que seria uma política que estivesse diretamente relacionada com a operacionalização do PGRCC. Ao que se julga saber o que a empresa faz é algo um pouco diferente, onde essa parte acabará sendo incluída por via indireta, mas que é a atribuição de bonificações aos funcionários em função dos resultados operacionais que as obras tenham obtido, o que é algo de âmbito geral, não tem **especificamente** a ver com premiação por gerenciamento de RCC em canteiro...”.

“.....A página 41/60 do PGRCC refere “.....quando houver quebras de materiais estes serão separados e analisados se podem ser reaproveitados em alguma outra parte da obra ou então em alguma outra obra que a construtora irá realizar.” Não se consegue afirmar com segurança (nem o contrário também) que na obra 2 isto tenha sido realizado ou não, dado o momento do início das pesquisas de campo na obra, o que se pode dizer a esse respeito é que se esta adotou uma prática equivalente à da obra 1, só foram observadas praticamente situações dessas a nível de reaproveitamentos de pontas de tubulações de PVC acima de determinados comprimentos, e de uma pequena parte dos resíduos de madeira produzidos em obra. Assim como a parte que refere “.....separar meios blocos, cerâmicos que quebram durante o manuseio da obra mas que são passíveis de reaproveitamento segregando e **alocando em baias de reuso** de materiais.” Na obra 2 nada se pode afirmar, mas destacar que na obra 1 não foram visíveis semelhantes baias para os materiais referidos.....”

“.....O PGRCC da obra 2 refere a existência de uma Área de Destinação Temporária. Uma vez mais, em função do momento de início das visitas de campo à obra, não se pode afirmar se essa área, nesta obra, existiu ou não. Na obra 1 não existiu enquanto o pesquisador este presente.”

“O mesmo vale para a utilização dos dutos de entulho referidos na página 45 do PGRCC da obra do 2”.

“.....Os locais de destinação para onde a obra 2 envia suas diferentes classes e tipo de resíduos são todos qualificados para esses fins, com as respectivas licenças em dia. Ainda assim, referir que, se torna necessário que a construtora controle o que esses mesmos locais de destinação fazem depois com os resíduos que lhes são enviados, haja vista que, o artigo 27, parágrafo 1º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010, de 02 de Agosto de 2010) continua co-responsabilizando o gerador de resíduos (no caso a construtora) por esses fluxos. A responsabilidade não é exclusiva dos locais de destinação para onde a incorporadora envia os resíduos.....”

“...O PGRCC da obra 2, na sua página 49/60, preconiza a reutilização de agregado reciclado em obra, sendo que, mais à frente, na sua página 51/60, o referido documento afirma que existem vários locais em Araraquara que procedem ao beneficiamento de materiais classe A, inclusivé. Entretanto, em questionário elaborado e aplicado, o Engenheiro Gestor da obra, tal como já havia acontecido com seu homólogo da obra 1, afirmou que a obra não usava agregados reciclados nos seus trabalhos. Donde se conclui que, a ser assim, é porque a construtora entende que esses materiais não lhe oferecem garantias de uma Qualidade e características resistentes equivalentes às dos agregados naturais, pois, havendo esse tipo de locais de beneficiamento na cidade, quase certamente a questão econômica não seria o problema (custo de transportes). Enviando para esses locais seus resíduos de classe A, seria de admitir que mesmo com o custo de beneficiamento e custos de transportes a construtora conseguisse agregados reciclados mais baratos que os naturais....”

“.....Referir para terminar este tópico que, na página 24/60, o PGRCC refere como um dos objetivos específicos do PGRCC “....criar indicadores de desempenho de gerenciamento de RCC para cada obra.....”; esses “indicadores” de gerenciamento de RCC aparecem mais adiante no PGRCC da obra do Ipê Branco nas suas páginas 52/60 e 53/60, só que, na verdade, são metas, objetivos, não se trata de indicadores no **sentido estrito** do termo....”

“.....**Aspetos de limpeza no interior do canteiro:** Tal como já acontecera na obra 1, em termos gerais, o grau de limpeza dos cômodos nas várias torres e nos vários pisos das mesmas, bem como em áreas construídas de apoio **são francamente boas!**....”

No que se refere a aspetos de limpeza no canteiro de obra, e apesar da fase já adiantada nos trabalhos, quando do início das visitas de campo, as fotos 209 a 273 são elucidativas quanto a este quesito na obra 2.



Foto 209 (esquerda)– Sinalética na Torre 1, bloco A, piso térreo, na obra 2; Foto 210 (centro) – Aspecto de limpeza na sala, torre 1, bloco A, térreo, na obra 2; Foto 211 (direita)– Aspeto de limpeza na cozinha, torre 1, bloco A, térreo, na obra 2(Fonte: o pesquisador, 2019)



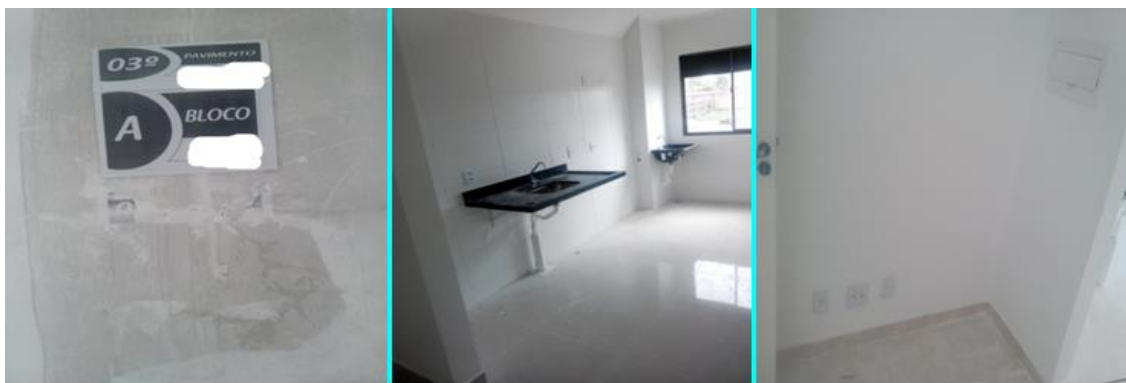


Foto 212 (esquerda)– Sinalética na Torre 1, bloco A, 3º piso, na obra 2; Foto 213 (centro) – Aspecto de limpeza na cozinha, torre 1, bloco A, 3º piso, na obra 2; Foto 214 (direita) – Aspecto de limpeza no hall de entrada, torre 1, bloco A, 3º piso, na obra 2(Fonte: o pesquisador, 2019).



Foto 215 (esquerda)– Sinalética na Torre 1, bloco B, 1º piso, na obra 2; Foto 216 (centro) – Aspecto de limpeza no banheiro, torre 1, bloco B, 1º piso, na obra 2; Foto 217 (direita) – Aspecto de limpeza em cozinha, torre 1, bloco B, 1º piso, na obra 2(Fonte: o pesquisador, 2019)

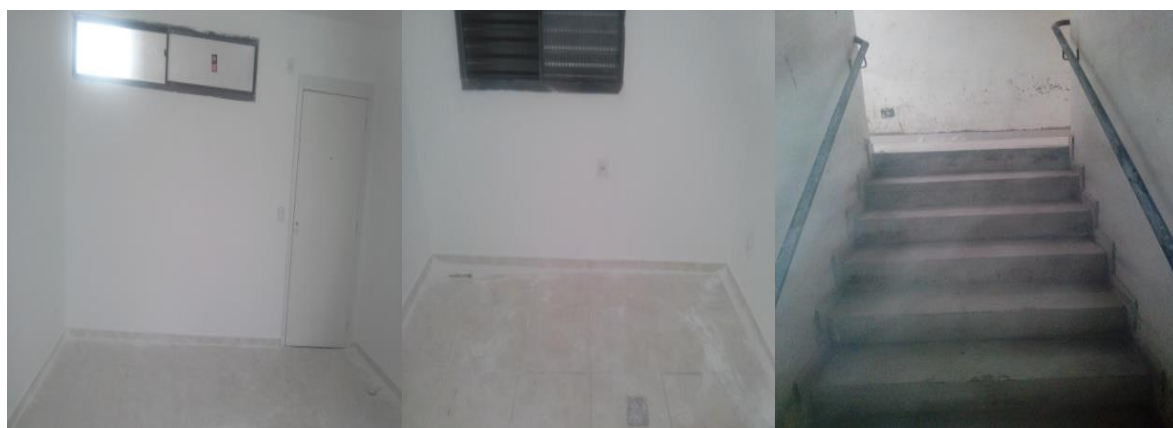


Foto 218 (esquerda)– Aspecto de limpeza em sala, Torre 1, bloco B, 2º piso, na obra 2; Foto 219 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, torre 1, bloco B, 2º piso, na obra 2; Foto 220 (direita) – Aspecto de limpeza em caixa de escadas, torre 1, bloco B, 2º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

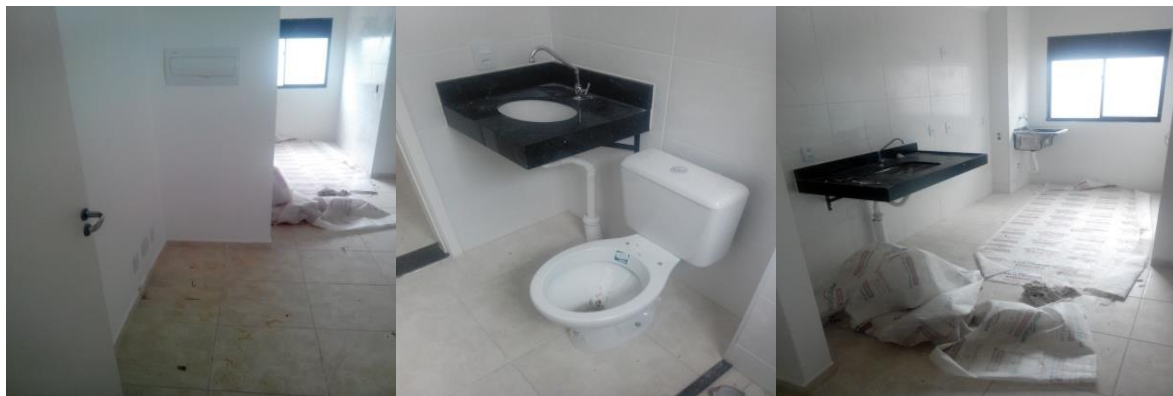


Foto 221 (esquerda)– Aspecto de limpeza em hall de entrada, Torre 1, bloco C, 1º piso, na obra 2; Foto 222 (centro) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 1, bloco C, 1º piso, na obra 2; Foto 223 (direita) – Aspecto de limpeza em sala e cozinha, torre 1, bloco C, 1º piso, na obra 2;



Foto 224 (esquerda)– Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 1, bloco C, 3º piso, na obra 2; Foto 225 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 1, bloco C, 3º piso, na obra 2; Foto 226 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, torre 1, bloco C, 3º piso, na obra 2  
(Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 227 (esquerda)– Sinalética de Torre 1 e circulação para pedestres, bloco D, térreo, na obra 2; Foto 228 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 1, bloco D, térreo, na obra 2; Foto 229 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 1, bloco D, térreo, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 230 (esquerda)– Aspecto de limpeza em área comum, Torre 1, bloco D, 2º piso, na obra 2; Foto 231 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 1, bloco D, 2º piso, na obra 2; Foto 232 (direita) – Aspecto de limpeza em hall de entrada, Torre 1, bloco D, 2º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador)

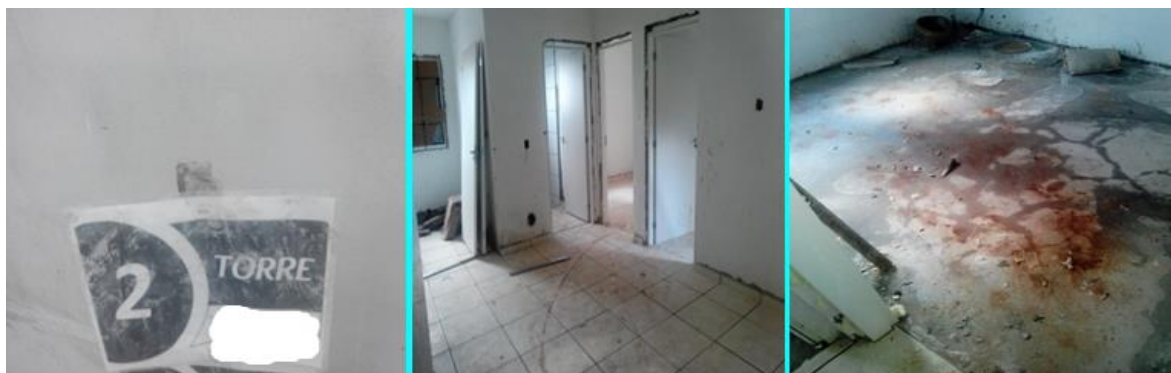


Foto 233 (esquerda) – Sinalética de Torre 2, bloco A, piso térreo, na obra 2; Foto 234 (centro) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 2, bloco A, térreo, na obra 2; Foto 235 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, bloco A, térreo, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 236 (esquerda) – Aspecto de limpeza em sala e cozinha, Torre 2, bloco A, 2º piso, na obra 2; Foto 237 (centro) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, bloco A, 2º piso, na obra 2; Foto 238 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 2, bloco A, 2º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



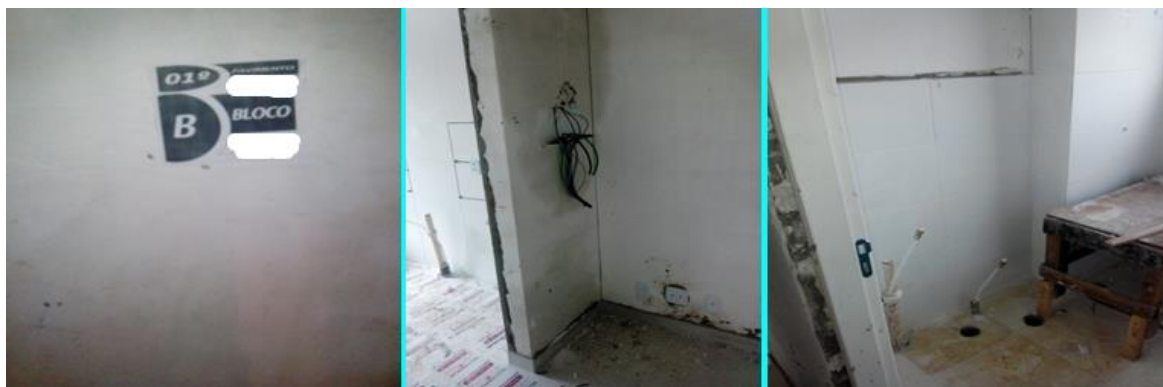


Foto 239 (esquerda)– Sinalética de Torre 2, Bloco B, 1º piso, na obra 2; Foto 240 (centro) – Aspecto de limpeza em hall de entrada, Torre 2, bloco B, 1º piso, na obra 2; Foto 241 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 2, bloco B, 1º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 242 (esquerda)– Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, Bloco B, 3º piso, na obra 2; Foto 243 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2, bloco B, 3º piso, na obra 2; Foto 244 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 2, bloco B, 3º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 245 (esquerda)– Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, Bloco C, térreo, na obra 2; Foto 246 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2, bloco C, térreo, na obra 2; Foto 247 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 2, bloco C, térreo, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

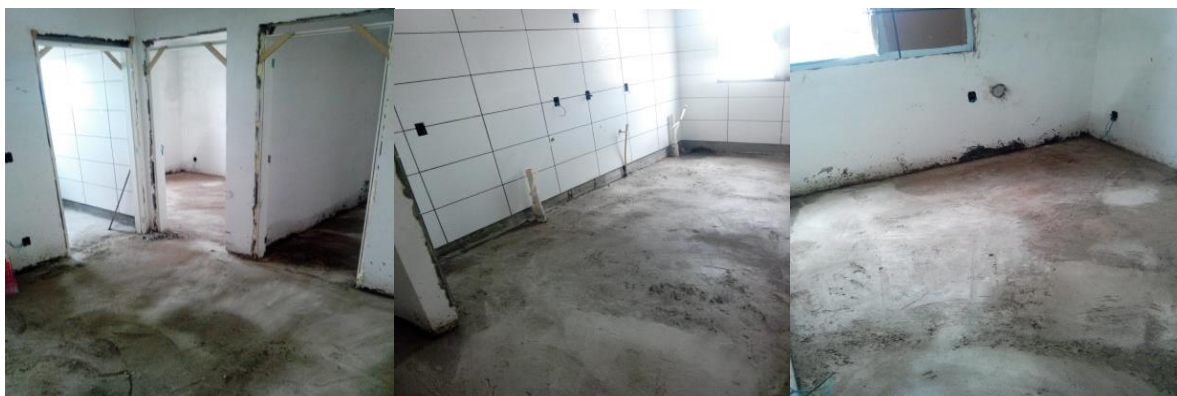


Foto 248 (esquerda)– Aspecto de limpeza em sala, Torre 2, Bloco C, 2º piso, na obra 2; Foto 249 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2, Bloco C, 2º piso, na obra 2; Foto 250 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, Bloco C, 2º piso, na obra 2  
(Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 251 (esquerda)– Aspecto de limpeza em área comum, Torre 2, Bloco C, 3º piso, na obra 2; Foto 252 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 2, Bloco C, 3º piso, na obra 2; Foto 253 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 2, Bloco C, 3º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 254 (esquerda) – Aspecto de limpeza em hall de entrada, Torre 3, Bloco A, térreo, na obra 2; Foto 255 (centro) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 3, Bloco A, térreo, na obra 2; Foto 256 (direita) – Aspecto de limpeza em quarto, Torre 3, Bloco A, térreo, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 257 (esquerda)– Aspecto de limpeza em hall entrada, Torre 3, Bloco A, 3º piso, na obra 2; Foto 258 (centro) – Aspecto de limpeza em cozinha, Torre 3, Bloco A, 3º piso, na obra 2; Foto 259 (direita) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 3, Bloco A, 3º piso, Ipê Branco.



Foto 260 (esquerda)– Aspecto de limpeza em quarto, Torre 3, Bloco B, 1º piso, na obra 2; Foto 261 (centro) – Aspecto de limpeza em sala, Torre 3, Bloco B, 1º piso, na obra 2; Foto 262 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 3, Bloco B, 1º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)

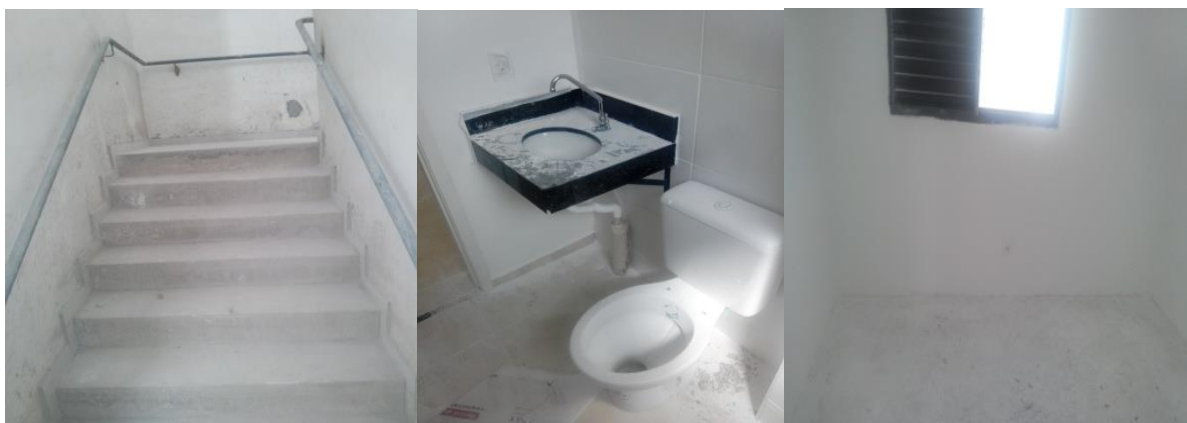


Foto 263 (esquerda)– Aspeto de limpeza em 1º lance escadas entre o 1º e 2º piso, Torre 3, Bloco B, na obra 2; Foto 264 (centro) – Aspeto de limpeza em banheiro, Torre 3, Bloco B, 2º piso, na obra 2; Foto 265 (direita) – Aspeto de limpeza em quarto, Torre 3, Bloco B, 2º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



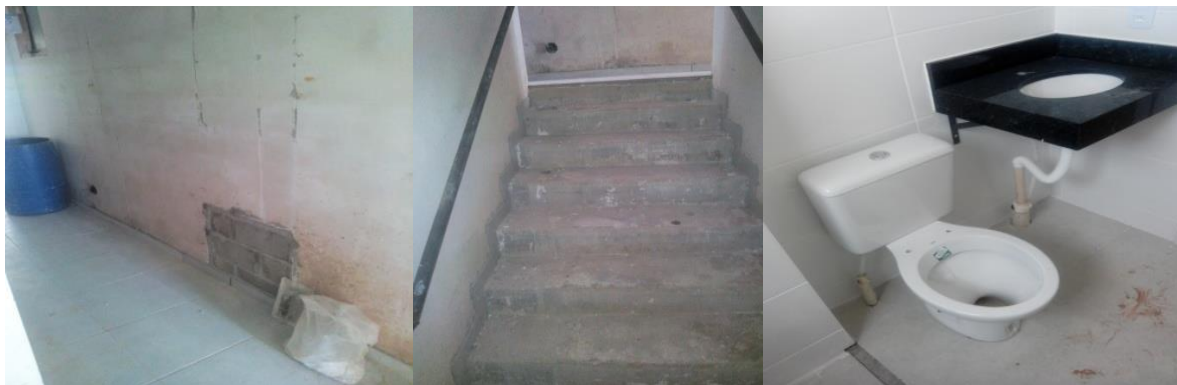


Foto 266 (esquerda)– Aspecto de limpeza em área comum, Torre 3, Bloco C, térreo, na obra 2; Foto 267 (centro) – Aspecto de limpeza em 1º lance de escadas entre o térreo e o 1º piso, Torre 3, Bloco C, na obra 2; Foto 268 (direita) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 3, Bloco C, térreo, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 269 (esquerda)– Aspecto de limpeza em área comum, Torre 3, Bloco C, 3º piso, na obra 2; Foto 270 (centro) – Aspecto de limpeza em banheiro, Torre 3, Bloco C, 3º piso, na obra 2; Foto 271 (direita) – Aspecto de limpeza em sala e cozinha, Torre 3, Bloco C, 3º piso, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 272 (esquerda)– Peças de grama sintética para campo de futebol, exterior, na obra 2; Foto 273 (direita) – Aspecto de área de lazer (campo de futebol),na obra 2;

“.....Em face da situação mais que evidente pelas fotos apresentadas anteriormente, **a informação recolhida sobre os movimentos de resíduos das várias classes em obra, na obra...., baseou-se praticamente em exclusivo no questionário realizado com o Engenheiro Gestor da mesma**, e chega-se à conclusão de que não difere muito daquilo que **SE OBSERVOU** na obra do 1. Assim, se teria que:

**A triagem dos resíduos** tenha sido feita em obra pelo menos segundo os seguintes tipos:

- Entulhos “limpos” (materiais cimentícios e cerâmicos, os chamados cinzas e vermelhos);
- Entulhos “mistos” ( os limpos juntamente com os solos);
- Caçambas exclusivas para solos;
- Caçambas exclusivas para gessos;
- Caçambas exclusivas para madeiras;
- Bags exclusivos para papeis e papelões;
- Bags exclusivos para sacarias;
- Bags exclusivos para isopor;
- Bags exclusivos para plásticos finos/moles;
- Bags exclusivos para plásticos rígidos/duros;
- Sucatas armazenadas em tambores metálicos de 200 litros;
- Sacos plásticos para resíduos orgânicos;

**RESÍDUOS DE CLASSE A EXCEPTUANDO SOLOS:** (praticamente só cimentícios, visto que mesmo as paredes divisórias interiores dos cômodos são executadas em blocos de concreto): começaram por ser triados e acondicionados pelos funcionários com pás e/ou vassouras, em pilhas, seja no meio dos cômodos ou junto às respectivas paredes, ou em baldes/latas vazios. Se acondicionados empilhas, a seguir foram transportados horizontalmente nos pavimentos, por funcionários, através de jericas/carrinhos de mão, até cômodo acessível a equipamento do tipo “sky-trek”. Se acondicionados inicialmente em baldes ou latas vazias, o transporte até esses cômodos é feito manualmente, pelos funcionários. Num caso ou noutro são acondicionados intermediariamente nesse cômodo acessível em pilhas, esperando serem transferidos para caixotão de madeira. Depois de transferidos para esse caixotão, o “sky-trek” pega o mesmo, através de seus “garfos”, e transporta verticalmente os resíduos até o térreo. A seguir o mesmo equipamento procede a transporte horizontal no térreo dos resíduos até os despejar/baldear para dentro de caçambas, sejam exclusivas para entulhos ou caçambas de “mistos”, caçambas essas onde eles sofrem armazenamento final no interior do canteiro. O descarte para fora de canteiro até o seu local de destinação final, é feito por caminhões poliguindaste, por transportadores contratados pela empresa construtora, e os respectivos volumes são



controlados por ficha do tipo CTR, e anotados em planilha de controle interna da construtora, em excel, pelo almoxarife.

**SOLOS:** nos pavimentos superiores ao térreo não existe a geração de solos, apenas no térreo; no térreo os solos podem ser primeiro acondicionados empilhados, ou diretamente transferidos (acondicionamento inicial) para dentro de jericas/carrinhos de mão, pelos funcionários. Estes depois transportam-nos horizontalmente no térreo até caçambas, sejam elas exclusivas para solos ou caçambas de “mistos”, caçambas essas onde sofrem armazenamento final dentro do canteiro. O seu transporte e descarte para fora do canteiro, até destinação final, e respectivo controle volumétrico, é em tudo semelhante ao anteriormente referido para os restantes resíduos de classe A.

**PEQUENOS PEDAÇOS DE MADEIRA:** Podem ser empilhados no meio dos cômodos ou junto às paredes dos mesmos, esperando receber acondicionamento inicial em sacos de ráfia. Depois das duas uma: nos pavimentos mais altos, esses sacos de ráfia são conduzidos até um cômodo acessível ao “sky-trek” onde são acondicionados intermediariamente, esperando serem transferidos para caixotão de madeira. Em seguida, são transportados dentro desse caixotão para o térreo pelo “sky-trek”, e depois transportados manualmente por funcionários, horizontalmente, no térreo, até serem despejados em caçambas exclusivas para madeiras, onde recebem armazenamento final; se for no primeiro pavimento acima do térreo, depois de acondicionados dentro dos sacos de ráfia, podem ser transportados manualmente e de forma direta até essas caçambas exclusivas para armazenamento final de madeiras no térreo. Num caso ou noutro, o transporte desses pequenos pedaços de madeira para fora de canteiro é feito por caminhão poliguindaste, por transportador contratado pela construtora, até o local de destinação, e seu controle volumétrico é feito através de ficha do tipo CTR, e anotado o respectivo volume em planilha em excel pelo almoxarife da obra.

**MADEIRAS DE MÉDIAS DIMENSÕES:** Também aqui o procedimento se inicia igual, mas depois poderá haver uma pequena diferença, conforme se trate de pavimentos mais elevados ou do 1º piso. Em ambos os casos as madeiras de médias dimensões começam por ser triadas e acondicionadas ou no chão dos cômodos, junto às paredes, ou ao alto, nestas. Se forem pavimentos de cotas mais altas, daí são transportadas manualmente por funcionários, em pequenos feixes, horizontalmente, nesses pavimentos, e até um cômodo acessível a equipamento tipo sky-trek, onde ficam acondicionadas intermediariamente também no chão ou nas paredes, ao alto, esperando serem transferidas para um caixotão de madeira, que o sky-trek pegará e transportará para o térreo. Chegadas ao térreo são de novo transportadas na horizontal em pequenos feixes por funcionários, manualmente, até armazenamento final dentro do canteiro dentro de caçambas exclusivas para madeiras; em

se tratando do piso imediatamente acima do térreo, esse transporte em feixes, manual, por funcionários, pode ser feito diretamente desde o acondicionamento inicial até o armazenamento final nas caçambas exclusivas para madeiras. Depois, as madeiras são retiradas de canteiro por caminhões poliguindaste, por caçambeiro contratado pela construtora, que as conduzirá a sua destinação final, sendo o volume das caçambas controlado por fichas do tipo CTR, e anotado em planilha excel pelo almoxarife da obra 2.

**MADEIRAS DE GRANDES DIMENSÕES:** os procedimentos nas várias etapas são semelhantes aos das madeiras de médias dimensões, com as ligeiras diferenças de que na maior parte das vezes o acondicionamento inicial costumar-se-á ser ao alto, nas paredes, e se as peças forem já de uma certa largura, esse transporte manual pelos funcionários poderá ser individual. Sendo ainda relativamente estreitas, poderá ser feito algumas de cada vez.

**GESSOS (CLASSE B):** Também aqui poderão existir algumas diferenças, conforme as cotas dos pavimentos. A triagem, costuma ser feita por varrição, sendo depois o gesso acondicionado inicialmente dentro de sacos de papelão de cimento, vazios. Em se tratando do térreo, pode ser feito assim também, ou depois de triados podem ser transferidos para dentro de jericas/carrinhos de mão. O transporte horizontal inicial nos pavimentos mais altos, costuma ser feito manualmente por funcionários, até cômodo acessível a “sky-trek”, onde os sacos com gesso dentro ficam acondicionados intermediariamente, esperando serem transferidos para caixotão de madeira, o qual será pego pelo “sky-trek”, que os conduzirá verticalmente ao térreo, muitas vezes com materiais de outros tipos para completar o caixotão. O transporte horizontal no térreo será manual, por funcionários, até as caçambas exclusivas para gesso. Sendo ao nível do piso imediatamente acima do térreo, a fase de acondicionamento intermediário poderá muitas vezes ser eliminada, e o transporte manual dos sacos de gesso, por funcionários, pode ser feito diretamente até as respectivas caçambas no térreo. No térreo, ou o gesso é transportado até as respectivas caçambas dentro de sacos de papelão vazios de cimento, no seu interior, manualmente, por funcionários, ou esse transporte pode ser feito através das jericas/carrinhos de mão, por funcionários. A retirada de canteiro do gesso, é feita por caminhões poliguindaste, com as caçambas cobertas por lona, por transportadores contratados pela construtora, até a destinação final, sendo o volume das caçambas controlado por fichas do tipo CTR, e anotado em planilhas excel pelo almoxarife da obra.

**PAPEIS E PAPELÕES (CLASSE B):** seja nos pavimentos de cotas mais altas seja no pavimento imediatamente acima do térreo, seja no térreo, eles são inicialmente triados manualmente pelos funcionários, e, ou são acondicionados em pequenas pilhas junto às paredes dos cômodos, esperando serem transferidos para dentro de sacos de cimento vazios, ou já são acondicionados dentro destes. Depois, em pisos de cotas mais altas (2º,

3º), são transportados manualmente e na horizontal ao longo dos pavimentos até cômodo acessível a "sky-trek", onde ficam acondicionados intermediariamente, esperando serem transferidos para caixotão, donde são pegos pelo "sky-trek" que os transporta verticalmente até o térreo; chegando no térreo são transportados na horizontal e manualmente por funcionários, até os bags exclusivos para eles, onde sofrem armazenamento final em canteiro; no 1º piso e no térreo essa fase de acondicionamento intermediário não existe, e eles já são transportados ou de forma avulsa ou dentro dos sacos de cimento vazios, manualmente, por funcionários, e diretamente até os bags exclusivos para eles no térreo, onde sofrem armazenamento final. A sua retirada de canteiro é feita por empresa municipal de coleta seletiva, que os recolhe e lhes dá destinação final. O controle do volume dos respectivos bags é feito por fichas do tipo CTR, e anotado internamente na construtora em planilhas de excel, pelo almoxarife da obra.

**ISOPOR (CLASSE B):** ao nível de 2º e 3º pisos, a triagem inicial é feita em pequenas pilhas, no meio dos cômodos ou junto à basedas paredes, e, ou são depois transferidos para sacos de rafia, sofrendo subsequente transporte horizontal e manualmente pelos funcionários, nesses pavimentos, até cômodo acessível a equipamento sky-trek, ou esse transporte horizontal até esses cômodos é feito de forma avulsa, por "feixes"/"fardos". Nos cômodos acessíveis, enquanto esperam serem transferidos para o caixotão de madeira, acabam sofrendo acondicionamento intermediário nos referidos sacos de rafia. Transferem-se para o caixotão de madeira então, e o "sky-trek" os transporta verticalmente para o térreo. Chegando no térreo, é feito transporte horizontal dos sacos de rafia, de forma manual, pelos funcionários, até os bags exclusivos para este material. No piso imediatamente acima do térreo e neste, não existe acondicionamento intermediário e os sacos de rafia com o material dentro são diretamente transportados pelos funcionários, de forma manual, até os respectivos bags no térreo, onde recebem armazenamento final. São depois retirados de canteiro por empresa municipal de coleta seletiva, que lhes dá destinação, sendo o volume dos bags controlado por fichas do tipo CTR, e anotado em planilhas excel pelo almoxarife da obra.

**PLÁSTICOS RÍGIDOS (CLASSE B):** ao nível de 2º e 3º pisos, a triagem inicial é feita em pequenas pilhas, junto às paredes, donde são transferidos para sacos de rafia ou baldes, para serem em seguida transportados horizontalmente pelos funcionários, de forma manual, nesses pavimentos, até cômodo acessível a "sky-trek", onde ficam acondicionados esperando serem transferidos para caixotão de madeira, sendo depois transportados verticalmente para o térreo por "sky-trek". Chegando aí funcionários transportam os sacos de rafia ou baldes com esse materiais horizontalmente, e de forma manual, até bags exclusivos para esse tipo de material. No 1º piso a triagem e o acondicionamento inicial são

semelhantes, mas não há acondicionamento intermediário, sendo que os funcionários transportam os sacos de ráfia e/ou os baldes com esse tipo de plásticos de forma manual diretamente para os bags do térreo que lhes correspondem. A retirada de canteiro é feita pelos caminhões de caixa fechada da empresa municipal de coleta seletiva, que lhes dá destinação final, sendo que os volumes dos bags são controlados por fichas do tipo CTR, e anotados em planilha excel pelo almoxarife da obra.

**PLÁSTICOS MOLES (CLASSE B):** ao nível de 2º e 3º pisos, a triagem inicial é feita em pequenas pilhas, junto às paredes, donde, ou são transferidos para sacos de ráfia ou permanecem avulsos, ou já são triados e acondicionados diretamente para dentro desses sacos, e seguidamente, seja de forma avulsa ou em sacos de ráfia, são transportados horizontalmente nos pavimentos até cômodo acessível a “sky-trek, onde ficam acondicionados intermediariamente, aí já normalmente colocados dentro de sacos de ráfia, esperando serem transferidos para o caixotão de madeira, que o sky-trek pega e transporta verticalmente até o térreo. Chegados no térreo funcionários transportam esses sacos de ráfia com plásticos moles dentro até os respectivos bags para esses plásticos. Se for no piso imediatamente acima do térreo ou neste, o processo de triagem e acondicionamento inicial é semelhante, sendo que aí já não há acondicionamento intermediário, e de forma avulsa ou em sacos de ráfia esses resíduos são conduzidos diretamente até os respectivos bags, para armazenamento final em canteiro. A retirada de canteiro é feita por caminhões de caixa fechada da empresa municipal de coleta seletiva, que lhes dá destinação, sendo que os volumes dos respectivos bags são controlados por fichas do tipo CTR, e anotados em planilha excel pelo almoxarife da obra.

**METAIS (CLASSE B):** ao nível dos 2º e 3º pisos, são triados e podem ser acondicionados seja em feixes, avulsamente, nos centros dos cômodos ou junto às paredes, e transferidos depois para baldes ou permanecendo dessa forma avulsa, ou são diretamente acondicionados logo nos baldes, e seja avulsamente/em feixes seja em baldes são depois transportados manualmente e na horizontal, ao longo desses pavimentos, até cômodos acessíveis a “sky-trek”, onde ficam acondicionados intermediariamente, esperando serem transferidos para caixotão de madeira. Já dentro destes, são transportados verticalmente para o térreo pelo “sky-trek”, onde os funcionários se encarregam de os transportar seja avulsamente/feixes seja em baldes, até tambores metálicos de 200 litros, onde sofrem armazenamento final em canteiro. No piso imediatamente acima do térreo a triagem e o acondicionamento iniciais são semelhantes, com a diferença de que não há acondicionamento intermediário, sendo que esses resíduos de metal são, em feixes/avulsos ou em baldes, transportados manualmente de forma direta pelos funcionários até os respectivos tambores de 200 litros do térreo onde sofrem armazenamento final em canteiro.

São depois vendidos a um sucateiro, que lhes dá destinação, sendo que o respectivo peso é registrado em fichas do tipo CTR, e anotado em planilha excel pelo almoxarife da obra.

**PNEUS INSERVÍVEIS (LOGÍSTICA REVERSA):** eles começam por ser triados e acondicionados em cômodos, nos pavimentos, junto às paredes, esperando seu transporte. Em seguida são transportados horizontalmente nos pavimentos por meio de jericas/carrinhos de mão, por funcionários, até cômodos acessíveis a equipamentos tipo ‘sky-trek”, onde ficam acondicionados intrermediariamente, esperando serem transferidos para caixotão de madeira. Depois, esse caixotão de madeira com os pneus é transportado verticalmente para o térreo pelo “sky-trek”. A partir daí não fica perfeitamente clara qual a destinação que é dada a esses pneus inservíveis, até porque ambos os Engenheiros Gestores de Obra, tanto da obra 1 quanto da obra 2, em questionário, afirmaram que as obras não procedem à logística reversa de resíduos.

**RESÍDUOS ORGÂNICOS (CLASSE C):** a nível dos pavimentos das torres não há produção significativa deste tipo de resíduos, até porque os funcionários dispõem de excelentes instalações (refeitórios e copa) para procederem às respectivas refeições. Nas áreas de copa (administração e engenharia) e refeitório (pessoal operacional), esses resíduos são coletados em sacos de lixo, colocados dentro de baldões plásticos específicos para eles, e depois esses sacos de lixo são conduzidos a um cômodo específico no térreo, existente para seu armazenamento final em obra. Sua retirada de canteiro e destinação final é feita pelo caminhão municipal da coleta de lixo.

**VIDROS (CLASSE B):** na obra 1 não havia produção significativa de vidros, e em questionário, o Engenheiro Gestor da obra 2 respondeu que nesta última também não.

Foram visíveis algumas situações de contaminação de resíduos, como as que as fotos mostram a seguir. No entanto, **é importante referir que isso não é regra nas duas obras observadas da construtora, muito antes pelo contrário, se trata da exceção.**



Foto 274 (esquerda)– Contaminação de resíduos em caixotão, na obra 2; Foto 275 (direita) – Contaminação de resíduos em caixotão, na obra 2 (Fonte: o pesquisador, 2019)



Foto 276 (esquerda)– Contaminação de resíduos em caçamba, na obra 2; Foto 277 (direita) – Contaminação de resíduos em caçamba, na obra do Ipê Branco (Fonte: o pesquisador, 2019)

**“.....CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS:** Em função do que atrás foi sendo exposto, e tendo em conta as dificuldades de observação por questões da etapa em que a obra já se encontrava quando as visitas de campo se iniciaram, ainda assim **é possível concluir que os canteiros de obra das duas obras objeto de estudo (obra ... e obra ....), têm “um modo de gerenciar os resíduos gerados nas suas obras”, e de aspetos de limpeza e organização dos canteiros, bem como de gestão da comunicação, francamente bons.**

1 – Das três obras observadas até o momento, as obras.....e.....foram as que demonstraram gerenciar melhor os seus resíduos gerados dentro de canteiro;

2- Permanecem no entanto dúvidas sobre a forma como se processam:

- e) O gerenciamento dos resíduos perigosos em obra;
- f) O gerenciamento dos resíduos de Logística Reversa por parte da obra;
- g) O controle e verificação sobre a disposição final dos resíduos que a própria obra gera;.....”

#### 5.4.7 QUESTIONÁRIO

No decorrer das visitas de campo foi aplicado questionário ao Engenheiro Gestor da obra 2, o qual, em função do adiantado estado da obra e da reduzida quantidade de resíduos gerados à data, foi fundamental para esclarecer grandemente a forma como os fluxos de resíduos se processavam dentro de canteiro. As figuras 622 a 631 trazem o referido questionário, respondido /aplicado. Algumas perguntas referentes à estrutura de RH da construtora ficaram por preencher, visto que o Engenheiro Gestor não soube responder.



### QUESTIONÁRIO

- 1 – Quantos anos de atuação a empresa tem: 10;
- 2 – Número aproximado de funcionários: 1000;
- 3 – Localização da matriz da construtora: Ribeirão Preto;
- 4 – Em que estados a empresa opera: apenas no estado de São Paulo;
- 5 – Em que cidades a empresa opera: Bauru, Piracicaba, Sertãozinho, Araraquara, Ribeirão Preto, Matão. Franca, São Carlos;
- 6 – Em que cidades tem escritórios: em todas as cidades em que operam instalam aquilo que chamam de “house” e onde ficam: pessoal de R.H., corretores, pessoal de produto, outras funções;
- 7 – Qual o total de funcionários da construtora, por categorias (aproximadamente):  
Almoxarife = \_\_; Analista contábil = \_\_; Analista de Recursos Humanos = \_\_;  
Analista Financeiro = \_\_; Auxiliar administrativo = \_\_; Assistente comercial = \_\_;  
Auxiliar de almoxarife = \_\_; Engenheiro auxiliar = \_\_; Auxiliar de marketing = \_\_;  
Auxiliar de recursos humanos = \_\_; Carpinteiro = \_\_; Contador = \_\_; Coordenador de criação e licenciamentos = \_\_; Engenheiro coordenador = \_\_; Coordenador de projeto e licenciamento = \_\_; Coordenador de higiene e segurança no trabalho: \_\_;  
Coordenador de suprimentos = \_\_; Coordenador de vendas = \_\_; Corretor de imóveis = \_\_; Diretor comercial = \_\_; Diretor de Engenharia = \_\_; Diretor financeiro = \_\_; Encarregado de manutenção = \_\_; Encarregado de obras = \_\_; Engenheiro auditor = \_\_; Engenheiro de planejamento = \_\_; Engenheiro Trainee = \_\_;  
Estagiário de engenharia = \_\_; Estagiário de higiene e segurança no trabalho = \_\_;  
Estagiário de suprimentos = \_\_; Gerente de Qualidade = \_\_; Mestre de obras = \_\_;  
Operador de elevador cremalheira = \_\_; Operador de máquinas = \_\_; Orçamentista = \_\_; Pedreiro = \_\_; Projetista = \_\_; Recepcionista = \_\_; Servente = \_\_;  
Supervisor de aprovações e licenciamentos = \_\_; Técnico de informática = \_\_;  
Técnico de higiene e segurança no trabalho = \_\_; Outros: \_\_\_\_\_;  
Outros: \_\_\_\_\_; Outros: \_\_\_\_\_; Outros: \_\_\_\_\_;  
Outros: \_\_\_\_\_; Outros: \_\_\_\_\_; Outros: \_\_\_\_\_;  
Outros: \_\_\_\_\_; Outros: \_\_\_\_\_; Outros: \_\_\_\_\_;
- 9 – Em quais segmentos de obras a empresa opera: exclusivamente no residencial;
- 10 – Qual o peso aproximado das obras de edificações verticais no faturamento da empresa: 100%;
- 10 – Quantas obras de edificação vertical estão em andamento neste momento: 21;
- 11 – Em que cidades e quantas em cada cidade: Araraquara (6); Ribeirão Preto (6); Sertãozinho (2); Bauru (3); Piracicaba (1); Serrana (1); Jaboticabal (1); Franca (1);
- 12 – Qual o número médio de pavimentos dessas obras: Varia; a empresa tem o chamado “segmento Vitta”, em que a maioria das obras têm [Térreo + 3 pisos] e uma parte menor do segmento é composto por obras com [Térreo + 4 pisos] ; e tem o

Figura 622 – Questionário da obra 2, Parte I de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

chamado "segmento Vitta Plus", sendo que este último pode variar entre [Térreo + 8 pisos] até [Térreo + 16 pisos] ; nos dois segmentos o térreo e os restantes pavimentos são iguais. A maioria dos "Vitta Plus" anda na casa do [Térreo + 14 pisos]. Assim, e deste último tipo têm por exemplo no momento uma obra em Araraquara, outra em Ribeirão Preto e outra em Bauru;

**13** – A empresa usualmente faz uma estimativa de geração de RCC (classes e tipos) para as suas obras: Sim; Comentários: através do PGRCC, que se baseia na estimativa de uma dissertação de Salomon Levy (1997), que afirma que cada apartamento/unidade habitacional gera em torno de 9m<sup>3</sup> de RCC;

**14** – Como fazem essa estimativa: descrito no comentário da pergunta anterior;

**15** – Como isso é levado em consideração nos orçamentos entregues aos clientes: [custos de manejo + custos de destinação dos RCC]; esse total acaba sendo repassado ao cliente mas diluído dentro de um todo, ou seja: hoje em dia a empresa sabe que tem um custo total de cerca de 45.000 a 46.000 reais na execução de cada apartamento/unidade ocupacional; nesses 45.000 ou 46.000 reais já está incluído esse total de [custos de manejo de RCC + custos de destinação dos RCC] referentes ao apartamento/unidade habitacional;

**16** – A empresa controla/pesa sistematicamente o resíduo gerado (classes e tipos) nas suas obras: Não pesa, mas controla volumetricamente (por caçambas e/ou "bags");

**17** – Que planilhas usa para esse propósito e quem é responsável por guardar essas planilhas: o controle volumétrico é feito por planilhas em excel, que são da responsabilidade do almoxarife, e que o faz através do controle das CTR; depois o administrativo (sr. Ricardo ou sr. Juliano) apenas é responsável pelo controle do pagamento dessas mesmas CTR ("certifica"/comprova para efeitos de pagamento). O almoxarife elabora também as chamadas "planilhas de sustentabilidade", em que se registra o consumo mensal de água potável por cada trabalhador presente em obra, e também por cada m<sup>2</sup> de área construída, e faz o mesmo mensalmente em relação à quantidade de m<sup>3</sup> gerados de resíduos, e ao consumo de energia elétrica em obra;

**18** – Seria possível providenciar uma dessas planilhas, mesmo que fosse não preenchida: Sim;

**19** – A empresa tem uma base de dados histórica sobre resíduos de construção civil gerados em edificações verticais completadas: Sim;

**20** – O pesquisador poderia ter acesso a essas quantidades de resíduos geradas em cada uma dessas obras: tem que ser solicitado ou à Eng<sup>a</sup> Gabriela ou ao Eng<sup>o</sup> Marcelo júnior (em princípio à Eng<sup>a</sup> Gabriela);

**21** – A empresa tem algum tipo de certificação: Sim;

**22** – Que certificações possui: ISO 9.001; PBQPH (não sabe o nível, a Eng<sup>a</sup> Gabriela sabe); em princípio tudo leva a crer que a empresa esteja procurando obter alguma certificação ambiental, tipo ISO 14.000 ou Selo AQUA ou algo assim, porque as suas últimas obras já estão sendo enquadradas num projeto da empresa que se chama

Figura 623 – Questionário da obra 2, Parte II de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

"Vitta Verde"; nesse projeto, e a partir de agora, conforme seu desempenho em uma série de "indicadores de sustentabilidade" ao longo dos meses de execução, cada obra vai sendo enquadrada/classificada como "Bronze", "Prata" ou "Ouro", em função do desempenho quanto aos processos de sustentabilidade que estão sendo realizados na obra;

**23** – Os funcionários da construtora recebem treinamento sobre gerenciamento de RCC em canteiro (reconhecimento de classes e tipos, quando estes devem ser triados/separados/segregados após geração, como cada tipo de resíduo gerado deve ser transportado horizontalmente nos pavimentos, que tipos de dispositivos de coleta devem ser usados nos pavimentos, a importância de pesá-los por tipo e registrar esses pesos, como transportar os diferentes tipos de resíduos gerados até o pavimento térreo, onde armazená-los no piso térreo): Sim; Comentários: existe uma formação /treinamento diferenciada(o), conforme o tipo de funcionário de que se trate. Assim, os "Quadros Técnicos" (Assistentes Técnicos de Engenharia, Engenheiros Estagiários, Almoxarife, Eng<sup>os</sup> Gestores de Obra e outros) recebem uma informação e um treinamento mais detalhado sobre os processos e procedimentos de segregação, manejo e destinação dos RCC; já o pessoal operacional recebe um treinamento menos detalhado, que lhes é passado nas chamadas DDS (reuniões de diálogo diário de segurança), onde eles são instruídos a como triar/segregar os resíduos em função de suas classes e tipos, como os acondicionar, para onde os conduzir, e onde os armazenar;

**24** – E os subempreiteiros, quando entram em obra, também recebem esse tipo de treinamento: Sim; Comentários: recebem o mesmo tipo de treinamento que os operacionais da empresa, nas tais reuniões do tipo DDS;

**25** – A empresa tem registros sobre quais os transportadores individuais autônomos de resíduos de construção civil disponíveis nas proximidades de suas obras: Não; Comentários:mas buscam esse tipo de informação junto das respectivas prefeituras, quando iniciam as obras numa cidade, pois as prefeituras é que têm esse tipo de informação;

**26** – A empresa tem um registro de transportadores formais de caçambas disponíveis nas proximidades das obras onde atua: Sim; Comentários: é feito um levantamento de todos os cacambeiros que estão aptos (legalizados) para transportar os RCC da obra, nas suas proximidades;

**27** – A empresa tem um registro sobre áreas de transbordo e triagem (ATT's) existentes nas proximidades das obras onde atua: Sim; Comentários: a empresa tem os certificados de todos os lugares para os quais está enviando os RCC gerados na obra. Todos eles são certificados; quando chegam a uma cidade fazem um levantamento de todos esses possíveis "receptores" dos RCC que venham a ser gerados pelas obras daquele município, e sabem quais estão aptos a receber e até disponíveis para tal;

Figura 624 – Questionário da obra 2, Parte III de X (Fonte: o pesquisador, 2019)



depois a obra normalmente opta por um, seja em função de preço ou de praticidade da obra;

**28** – A empresa tem um registro de usinas de reciclagem de resíduos classe A existentes nas proximidades das obras onde atua: Sim; Comentários: fazem um mapeamento dessas usinas de reciclagem em termos de cidade e seu entorno;

**29** – A empresa tem um registro de indústrias (fundições, olarias, empresas que usem a madeira como fonte de energia, empresas que derretam e reusam plásticos, e outras) a quem possa vender seus respectivos resíduos nas proximidades das obras em que atua: **NÃO**; Comentários: ----;

**30** – A empresa tem um registro de empresas vendedoras ou alugadoras de equipamentos de pequeno porte para reciclagem de resíduos em canteiro, existentes nas proximidades das obras em que atua: Sim; Comentários: embora não costumem fazer reciclagem de RCC classe A dentro de obras, têm um parceiro/locador desse tipo de equipamentos em Araraquara, para o caso de ser necessário;

**31** – As destinações de cada tipo de seus resíduos gerados em obra são controladas depois que estes saem do canteiro: Só através das CTR; Comentários: as CTR têm os locais para onde a obra está enviando os resíduos, mas depois, o que é feito com eles, que tipo de tratamento ou fluxo posterior/destinação posterior esses RCC ainda possam vir a sofrer, isso o Eng<sup>o</sup> de obra não sabe; não faz idéia se a Supervisora/Responsável pela Qualidade da empresa sabe ou não;

**32** – Por meio de que documentos/guias/registros isso é feito: através das CTR;

**33** – Quem é responsável por manter esses registros e para onde vão depois: o almoxarife; Comentários: as CTR's, em termos físicos, ficam na obra, mas todos os dados relevantes a cada uma delas são enviados via internet para a matriz, em Ribeirão Preto;

**34** – A empresa tem planilhas eletrônicas para estimar os custos de segregação / triagem, transporte horizontal (pavimentos), acondicionamento inicial, transporte vertical, armazenamento final em canteiro, e transporte para as várias infraestruturas de tratamento e destinação/disposição (ATT's, usinas de reciclagem de resíduos classe A, aterros de reservação de resíduos classe A, indústrias de reaproveitamento de resíduos, aterros sanitários): Não; Comentários: apenas têm a noção do custo global que todo esse conjunto de etapas, de procedimentos, representam por apartamento/unidade habitacional;

**35** – Nos seus canteiros, a empresa realiza reuso/reutilização de resíduos em outros trabalhos alternativos: Não, ou muito pouco, pelo menos; Comentários: a empresa está fazendo estudos de viabilidade econômica em relação à possibilidade de ela comprar os equipamentos que lhe permitissem fazer reciclagem de RCC classe A em obra, do tipo, para com isso obterem alguma areia reciclada ou outro agregado que pudesse vir a usar em outros trabalhos; **mas se trata de reciclagem, e não de reuso**;

**36** – Poderá fornecer alguns exemplos: ----;

Figura 625 – Questionário da obra 2, Parte IV de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

**37** – A construtora usualmente recicla resíduos classe A em: nenhum canteiro ( X );

Alguns canteiros de obra ( -- ); em todos seus canteiros de obra ( -- );

**38** – Qual critério usa quando decide fazer isso dentro do canteiro: Volume gerado ( -- );

Distância às usinas de reciclagem ( -- );

**39** – Pelo volume gerado, recicla dentro do canteiro para volumes acima de: --- m<sup>3</sup>;

Pela distância às usinas de reciclagem, recicla dentro de canteiro para distâncias superiores a: ---- Km;

**40** – A construtora vende parte de seus resíduos gerados (reciclados ou não): só comercializa/vende os resíduos metálicos a sucateiros/ferros-velhos, não vendem os restantes resíduos que geram; Observação: a obra está em fase de acabamentos, praticamente gera zero de aço, mas quando gerava tinham um parceiro sucateiro a quem vendiam os respectivos resíduos de aço;

**41** – Que tipos de resíduo e a quem: respondido na pergunta anterior;

**42** – A empresa tem uma política ambiental que é transmitida aos seus funcionários: de uma forma ainda muito incipiente, não com a mesma força como comunica a política de qualidade em todas as suas obras; Comentários: mas é o que a empresa está buscando, precisamente com este seu novo projeto do "Vitta Verde", que está começando agora. Os aspectos ambientais são discutidos, embora ainda não se tenham sido consubstanciados como uma verdadeira política. Mas a partir das próximas obras a tendência será essa;

**43** – A construtora toma em consideração as condições de vizinhança dos seus canteiros de obra antes de decidir como vai fazer o gerenciamento dos RCC gerados (em particular se vai reciclar resíduos dentro do canteiro ou não, e como reduzir impactos – ruído, poeiras e outros poluentes): Sim; Comentários: até porque a empresa antes de começar a executar qualquer obra manda elaborar um "Estudo de Impacto de Vizinhança", e tudo isso é pensado/tomado em consideração; faz-se uma visita detalhadas nas redondezas, vê-se com cuidado o que existe nas proximidades da obra, até não só e apenas em relação aos resíduos, mesmo em relação aos equipamentos de transporte interno da obra, e de seus caçambeiros/transportadores, o que é que a obra pode impactar na vizinhança com os seus resíduos de gesso ou de entulhos; a obra do Ip<sup>o</sup>e branco, mesmo, tem muito próximo dela um empreendimento do tipo CDHU, e às vezes fazendo uma alvenaria, manipulando bloco, cimento, você pode impactar na vizinhança, e esse estudo de impacto sobre a vizinhança pré-realizado leva tudo isso em consideração;

**44** – A construtora estabelece algum tipo de incentivo para os funcionários que se destaquem nos procedimentos de gerenciamento de RCC gerados dentro de canteiros de obra (segregação/triagem tão cedo quanto possível, transporte e acondicionamento de produtos intermediários corretamente efetuado, armazenamento final adequado, taxas de reutilização maiores, etc): Não; Comentários:

Figura 626 – Questionário da obra 2, Parte V de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

Na obra do Ipê Branco especificamente isso não é feito, mas não quer dizer que não possa ser feito em outras obras da construtora. O Gestor de Obra desconhece o fato;

45 – A empresa cumpre as legislações municipal e estadual sobre RCC, no que se refere aos seus canteiros de obra: Sim;

46 – São previamente definidos objetivos relativos a taxas de redução, reuso/reutilização e/ou de reciclagem para os RCC gerados em seus canteiros: Sim; Comentários: são definidas metas/limites de geração de RCC antes da obra começar, e esses números vão sendo acompanhados mensalmente, até por conta de consumos. Por exemplo: em cima do valor de consumo de um gesso, eu sei quanto eu estou gerando a mais, ou em cima do orçamento, ou daquilo que eu tinha para gastar de gesso. Em termos de reutilização muitas vezes que se faz é aproveitar o conteúdo de sacos de gesso que por qualquer motivo “estouraram” logo à partida, e usar esse gesso para fazer molduras;

47 – Para cada edificação vertical sua é claramente definida a responsabilidade de cada funcionário no que se refere aos procedimentos de gerenciamento dos RCC gerados em canteiro: Sim; Comentários: isso é passado nos tais treinamentos do tipo DDS;

48 – A empresa usualmente procede à logística reversa de resíduos gerados: Não;

49 – Para que tipo de resíduo procede à respectiva logística reversa: ---;

50 – Poderia referir a quem são devolvidos os vários tipos de resíduos sujeitos a logística reversa à medida que é realizada: ---;

51 – A empresa tem comprovantes dessas devoluções: ---;

52 – A empresa usa um layout típico nas suas obras no que se refere à colocação dos seus dispositivos/equipamentos de transporte vertical em relação aos dispositivos de armazenamento final no térreo, ou isso varia muito entre cada um dos canteiros de edificações verticais: varia bastante entre cada um dos canteiros, em função de condicionantes de cada obra;

53 – No caso de usar um layout típico quanto à disposição relativa entre estes equipamentos, poderia ser fornecido: Sim;

54 – Os projetos são já concebidos com a preocupação de redução da geração de resíduos: Sim;

55 – Como isso é feito: os projetos já vêm com uma paginação de todas as paredes de alvenaria, para redução dos RCC a serem gerados; os azulejos das paredes e cerâmicas de paredes e pisos recebem também uma paginação para reduzir o nº de cortes (e consequentemente a quantidade de RCC gerados);

56 – Que tipos de equipamentos a edificação vertical usa para transportar horizontalmente (nos pavimentos) os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: carrinhos de mão/ferreas; II - Pequenos pedaços de madeira: manualmente, em sacos; III - Grandes pedaços de madeira: manualmente; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: manualmente, em

Figura 627 – Questionário da obra 2, Parte VI de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

sacos; V-restos de sacos plásticos: manualmente, de forma avulsa ou dentro de sacos; VI- Restos de gesso projetado: dentro de sacos de cimento vazios, manualmente, pelos funcionários; VII – Placas de gesso cartonado: manualmente, pelos funcionários; VIII –Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: em baldes/latas metálicos vazios e manualmente, pelos funcionários; IX – Restos de papéis e papelões: manualmente, de forma avulsa ou em sacos; X – Restos de poliestireno: manualmente pelos funcionários, dentro de sacos/sacarias; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: manualmente, em sacos; XII – Serradura:manualmente pelos funcionários, dentro de sacarias; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pincéis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): manualmente, através de funcionários munidos de luvas protetoras; XIV - Restos de telas de proteção e de fachada: manualmente pelos funcionários, seja avulsamente ou em sacos; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: manualmente, pelos funcionários, em sacos plásticos próprios, que depois são recolhidos pelo caminhão municipal do lixo; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: nos pavimentos superiores não existem; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas:manualmente, pelos funcionários, dentro de sacos/sacarias, sendo que aqueles estão munidos de luvas protetoras;

57 – Nos canteiros de edificações verticais da empresa são usualmente utilizadas bombonas para acondicionamento inicial nos pavimentos: Não;

58 – Onde são colocadas: ---;

59 – Como são acondicionados inicialmente nos pavimentos os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: Em pilhas/amontoados, nos centros dos cômodos ou junto às paredes; II - Pequenos pedaços de madeira: Em pilhas; III – Grandes pedaços de madeira: Empilhados nos cômodos, no chão, ou ao alto, encostados às paredes; IV - Resíduos de plástico rígido em geral:ou ficam empilhados no chão esperando serem transferidos para dentro de sacarias, ou já são acondicionados diretamente dentro destas à espera de serem transportados; V – Restos de sacos plásticos: Em sacarias; VI - Restos de gesso projetado: Em sacos de cimento vazios; VII – Placas de gesso cartonado: Em pilhas, no chão, ou encostadas ao alto, junto às paredes; VIII –Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: Em pilhas, no chão, sendo depois transferidos para baldes ou latas; IX – Restos de papéis e papelões: Em pilhas, normalmente normalmente nos cantos dos apartamentos/cômodos, junto às paredes; X-Restos de poliestireno: ou em pilhas, avulsamente, no chão dos cômodos, esperando serem transferidos para sacarias, ou já diretamente dentro destas; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: Em sacos/sacarias; ;XII– Serradura: Em sacos; XIII – Resíduos perigosos

Figura 628 – Questionário da obra 2, Parte VII de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): São colocados à parte dos outros, para serem descontaminados (muito bem lavados, em obra); XIV – Restos de telas de proteção e de fachada: No chão, nos cantos dos apartamentos, junto às paredes; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: Em sacos plásticos pretos, que depois são recolhidos pelo caminhão da prefeitura; XVI – Resíduos de ambulatório: não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: --- (nos pavimentos superiores não existem); XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: Colocados à parte e acondicionados em sacarias/sacos para depois serem transportados manualmente, por funcionários, munidos de luvas protetoras;

**60** – Como (com que equipamento) são verticalmente transportados até o piso térreo os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: Por "sky-trek", dentro de caixotões de madeira; II - Pequenos pedaços de madeira: Manualmente, em sacos; III – Grandes pedaços de madeira: Nos garfos do "sky-trek", ou por este, em caixotões de madeira, cabendo; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: Manualmente, pelos funcionários; V – Restos de sacos plásticos: Manualmente, avulsamente ou em sacos; VI - Restos de gesso projetado: Nos pisos mais elevados são colocados em os sacos de cimento em caixotões, o "sky-trek" pega e transporta até o térreo; no piso imediatamente acima do térreo, o funcionário transporta às costas até a respectiva caçamba, no térreo; VII – Placas de gesso cartonado: Manualmente até o térreo; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: Colocados em caixotões de madeira, em cômodo acessível, o "sky-trek" pega; IX – Restos de papéis e papelões: Colocados em sacaria e transportados manualmente por funcionários, até o térreo; X – Restos de poliestireno: Colocados em sacaria e transportados manualmente por funcionários, até o térreo; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: São transportados manualmente, por funcionários até local próprio, para acondicionamento no térreo; XII – Serradura: Em sacos, manualmente até o térreo; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): Manualmente por funcionários devidamente protegidos com luvas; XIV – Restos de telas de proteção e de fachada: Nos pavimentos mais elevados são colocadas dentro de caixotão, em cômodo acessível ao "sky-trek", que os pega e conduz ao térreo. Mas como são materiais leves, muitas vezes são transportados manualmente até o térreo, para local apropriado; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: Em sacos, manualmente, pelos funcionários; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: --- (não existem); XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: --- (não existem); XIX –

Figura 629 – Questionário da obra 2, Parte VIII de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: manualmente, dentro de sacos, por funcionários munidos de luvas protetoras;

**61** – Como (com que dispositivos) são armazenados no piso térreo os seguintes materiais: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: Em caçambas de um de três tipos, para eles: 1 – Caçambas exclusivas para solos; 2 – Caçambas exclusivas para entulhos; 3 – Caçambas para mistos (mistura de solos com entulhos); II - Pequenos pedaços de madeira: Em caçambas exclusivas para madeiras; III – Grandes pedaços de madeira: Em caçambas exclusivas para madeiras; IV – Resíduos de plástico rígido em geral: Em bags exclusivos para este tipo de material; V – restos de sacos plásticos: Em bags exclusivos para este tipo de material; VI - Restos de gesso projetado: Em caçambas exclusivas para este tipo de material; VII – Placas de gesso cartonado: Em caixotes/recipientes, com as faces laterais em rede metálica; VIII – Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: Em tambores metálicos de 200 litros; IX – Restos de papéis e papelões: Em bag exclusivo para este tipo de material; X – Restos de poliestireno: Em bag exclusivo para este tipo de material; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: Em caixotes/recipientes, com as faces laterais em rede metálica, próprios para estes materiais; XII – Serradura: Em caçambas exclusivas para madeiras; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinceis e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): Num local/área específica para este tipo de materiais, para serem muito bem lavados/descontaminados, antes de vir uma empresa especializada que se encarrega de os destinar; XIV - Restos de telas de proteção e de fachada: Em bag exclusivo para este tipo de materiais; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papéis sujos: Dentro de sacos plásticos específicos para eles, em zona delimitada para os mesmos no térreo, para posteriormente serem recolhidos pelo caminhão da prefeitura municipal; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: Em sacos plásticos, para serem recolhidos/coletados pelo caminhão da prefeitura municipal que também leva os lixos; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: ---; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: São armazenados numa área à parte, para resíduos considerados perigosos;

**62** – Qual é a destinação/disposição final dos seguintes resíduos gerados dentro do canteiro de obra vertical: I - Argamassas, blocos e telhas, cimento, materiais cerâmicos, solos/terras, entulhos: Está na respectiva CTR. O Engº de Obra não foca muito a sua atenção nisso, mas a Gestora de Qualidade sabe; II - Pequenos pedaços de madeira: Está na respectiva CTR. O Engº de Obra não foca muito a sua atenção nisso, mas a Gestora de Qualidade sabe; III – Grandes pedaços de madeira: Está na respectiva CTR. O Engº de Obra não foca muito a sua atenção nisso, mas a Gestora de

Figura 630 – Questionário da obra 2, Parte IX de X (Fonte: o pesquisador, 2019)



Qualidade sabe; IV - Resíduos de plástico rígido em geral: Está na respectiva CTR. A responsabilidade da sua destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe; V – restos de sacos plásticos: Está na respectiva CTR. A responsabilidade da sua destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe; VI - Restos de gesso projetado: Está na respectiva CTR. O Eng<sup>o</sup> de Obra não foca muito a sua atenção nisso, mas a Gestora de Qualidade sabe; VII – Placas de gesso cartonado: Não sabe; VIII –Resíduos de pontas de aço, ou de metal em geral: sucateiros para os quais a construtora vende esses materiais; IX – Restos de papeis e papelões: Está na respectiva CTR. A responsabilidade da sua destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe ; X – Restos de poliestireno: Está na respectiva CTR. A responsabilidade da sua destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe; XI – Restos de uniformes não contaminados, botas e esparadrapos: Não sabe; XII – Serradura: Está na respectiva CTR. O Eng<sup>o</sup> de Obra não foca muito a sua atenção nisso, mas a Gestora de Qualidade sabe; XIII – Resíduos perigosos presentes em embalagens plásticas ou metálicas, respetivos instrumentos de aplicação (pinças e materiais auxiliares como esparadrapos, estopas, etc.): É uma empresa especializada que se encarrega de fazer a respectiva destinação final desse tipo de resíduos; XIV - Restos de telas de proteção e de fachada: Está na respectiva CTR. A responsabilidade da sua destinação é da empresa municipal de coleta seletiva que os recolhe; XV – restos de comida e respetivas embalagens, copos plásticos usados e papeis sujos: A sua destinação final é da responsabilidade da prefeitura municipal; XVI – Resíduos de ambulatório: Não existem; XVII – Óleos e gorduras alimentares: A sua destinação final é da responsabilidade da prefeitura municipal; XVIII – Restos de lâmpadas, baterias e produtos eletrônicos: Não existem; XIX – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza, roupas de proteção e botas contaminadas: É uma empresa especializada que se encarrega de fazer a respectiva destinação final desse tipo de resíduos. A construtora paga um preço diferenciado para isso;

Figura 631 – Questionário da obra 2, Parte X de X (Fonte: o pesquisador, 2019)

## **6. MODELOS MATEMÁTICOS EMPÍRICOS**

### **6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Para além das três obras objeto de estudo de campo já referenciadas (obra estudo-piloto, obra 1 e obra 2) foi feita uma tentativa de observação não interventiva numa quarta obra, no centro da cidade de São Carlos-SP. Tratava-se de um edifício de 16 pavimentos-tipo mais duplex na cobertura, em estrutura convencional de concreto armado e com paredes de vedação e internas em tijolo. No entanto, as observações não foram levadas até o final porque depois do contato inicial e da entrada em obra, o grau de rotatividade entre os responsáveis em obra foi muito grande, terminando numa situação em que o contato com a empresa era feito com uma engenheira que mostrava qualquer interesse pela pesquisa, e que não mostrou vontade em fornecer elementos necessários à mesma. Já na empresa do estudo-piloto nada disso se passou, houve sempre a melhor colaboração, só que a empresa não possuía um histórico de dados de geração de resíduos em obras terminadas (tratava-se de uma empresa ainda relativamente recente). Assim sendo, o banco de dados de geração de resíduos que alimentou a pesquisa foi proveniente da empresa construtora das obras 1 e 2. Tratou-se do levantamento de resíduos em uma amostra de 20 obras já concluídas pela empresa.

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos nessas 20 obras que constituem a amostra, para que ao final seja possível chegar em um modelo matemático empírico obtido a partir das análises e tratamento de dados realizados.

### **6.2 MODELO MATEMÁTICO EMPÍRICO DE GERAÇÃO DE RCC EM EDIFÍCIOS VERTICAIS DE MÉDIA E GRANDE ALTURA**

#### **6.2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A GERAÇÃO DE RCC EM EDIFÍCIOS VERTICAIS DE MÉDIA E GRANDE ALTURA**

Para efeitos do presente modelo considera-se que existem dois grandes tipos de fatores que influenciam a geração de RCC em edifícios verticais, são respectivamente os fatores de projeto e os fatores de produção/sistema produtivo.

### **6.2.1.1 FATORES DE PROJETO**

Segundo Mália (2010) a geração de RCC em canteiro de obras se pode verificar por razões que têm a ver com decisões tomadas ainda antes da obra começar, na sua fase de projeto.

Também Osmani et al (2011) afirmam que uma parte significativa dos RCC é causada por problemas que ocorrem em etapas que precedem a produção, e que a fase de concepção e projeto é considerada uma das fontes mais importantes de resíduos de construção.

Diversos autores apontam como possíveis fatores que contribuem para a posterior geração de RCC, mas que fazem parte ainda da fase de concepção e projeto: contratos incompletos no início do projeto, falta de atenção na coordenação dimensional dos produtos, falta de atenção a tamanhos-padrão de componentes e insumos existentes no mercado, falta de conhecimento do arquiteto quanto a produtos alternativos, falta de informação nos desenhos, escolha de produtos de baixa qualidade, e comunicações de exigências de última hora por parte do cliente.

Souza e Deana (2007) apontam que, a falta de modulação, por exemplo, obriga a quebra de peças para a adequação geométrica, e estas ao sofrerem recortes que poderiam ser evitados, originam a geração de RCC em obra, algo que poderia ser evitado com ações de prevenção em fase de projeto.

Innes (2004), citado por Osmani (2006), estimou que 33% dos resíduos gerados no canteiro devem-se a falhas dos projetistas em propor medidas de redução de resíduos, durante a fase de concepção.

Segundo Souza e Deana (2007) a forma dos edifícios também exerce grande influência no consumo de materiais da obra, o que por sua vez levará indiretamente à geração de RCC na mesma. Dessa forma, a figura 632 mostra duas plantas de edifícios exatamente com a mesma área, no entanto um deles em forma quadrada enquanto o outro possui uma forma mais alongada. O edifício de forma alongada acaba tendo um perímetro maior. O que acaba resultando em maior área de fachada. Isso acaba provocando um aumento da demanda por revestimento de fachada por unidade de área construída, devido a uma maior extensão a ser revestida externamente.

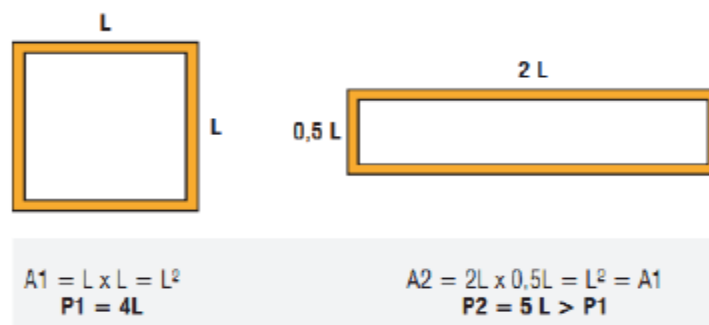


Figura 632 – Projeto com diferentes conformações – A1:forma quadrada, A2:forma retangular (Fonte: Souza e Deana, 2007)

No exemplo acima, ao haver a necessidade de maior área de revestimento, automaticamente a probabilidade de geração de maior quantidade de resíduos de argamassa, seja por tarefas de manufatura, de transporte e de consumo de uma maior quantidade de materiais.

Correlacionado à forma do edifício, Mascaró (2010) começou por propor um índice que representa numericamente o grau de compacidade do edifício, denominando-o de índice de compacidade, e conceituando-o como “a relação percentual que existe entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro das paredes exteriores do projeto”, e estabeleceu uma relação de custo direto (custos de materiais, equipamentos e mão de obra) com a compacidade (forma) do edifício. Dessa forma pode-se estabelecer uma relação do tipo compacidade do projeto versus geração de resíduos, tendo por base o maior ou menor consumo de materiais. Mais tarde Mascaró aperfeiçoou esse índice, passando a denominá-lo de **Índice Econômico de Compacidade (IeC)**, ao levar em consideração o número de arestas e a presença de curvas nas paredes externas do edifício. Por exemplo, sem considerar arestas e curvas o simples quadrado atinge um índice de compacidade de 88,5%. Na prática no entanto dificilmente os projetos se aproximam deste valor. Quanto mais próximos deste valor estiverem os índices de compacidade dos edifícios, menores serão os custos das respectivas construções, conforme demonstra a figura 633.

| Forma da planta | Área (índice) | Índice de compacidade em % | Custo de construção (libras/m²) | Variações de custo (%) |
|-----------------|---------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                 | 100           | 88,5                       | 90                              | 100                    |
|                 | 100           | 49,2                       | 108                             | 114                    |
|                 | 199           | 34,0                       | 112                             | 124                    |

Figura 633 – Variação do custo de construção em função do índice de compacidade do edifício (Fonte: Dias, M.F., 2013)

Dessa forma, o modelo matemático empírico que a autora desenvolveu leva em consideração **como variável de projeto** o **índice econômico de compacidade**, definido a seguir, com os significados das variáveis que também constam na figura 634.

$$I_{ec} = \frac{2\sqrt{A_p \cdot \pi}}{P_{ep}} \times 100$$

IeC = índice econômico de compacidade

A<sub>p</sub> = superfície de projeto

P<sub>ep</sub> = perímetro econômico de projeto

Figura 634 – Fórmula para cálculo do índice econômico de compacidade e significado de cada uma das respectivas variáveis (Fonte: Dias, M.F., 2013)

Por outro lado, a figura 635 traz-nos a fórmula que serve para definir a variável **PeP**, **perímetro econômico de projeto**.

$$P_{ep} = P_{pr} + 1,5P_{pc} + \frac{nA}{2}$$

P<sub>pr</sub> = perímetro das paredes exteriores retas

P<sub>pc</sub> = perímetro das paredes exteriores curvas

nA = número e arestas das fachadas

Figura 635 – Fórmula para cálculo do perímetro econômico de projeto, PeP (Fonte: Dias, M.F., 2013)

### 6.2.1.2 FATORES DE PRODUÇÃO/SISTEMA PRODUTIVO

Existem inúmeras possíveis causas de geração de perdas e RCC durante a fase de produção/execução do edifício, e até por via de um mau planejamento dessa mesma execução.

Agopyan et al (2003) enumeram uma série de situações propícias à existência de perdas e geração de resíduos na construção como sejam: recebimento e estocagem inadequados de materiais, os quais ficam sujeitos a quebrar, e conseqüentemente a serem fonte de perdas e resíduos. Também o transporte do concreto por trajetos ou em equipamentos inadequados, podendo este cair pelo caminho. Ou ainda, o processo tradicional de aplicação de gesso, que devido ao seu rápido endurecimento pode dar origem a grande perda de quantidade de material, que se transforma em resíduos de gesso. E a



perda, durante o transporte e aplicação, de argamassa de revestimento (material que cai no chão e não é reaproveitado e se transforma em RCC de classe A, no caso cimentícios).

Também no planejamento da própria execução da obra podem residir as fontes de perdas e de geração dos correspondentes resíduos. Sposto, Otero e Campolina (2001) identificaram falta de planejamento dos serviços de execução/produção por parte de várias empresas, o que acabou ocasionando, durante a execução de serviços de instalações, retrabalhos de alvenaria que fizeram aumentar a perda de blocos cerâmicos. O uso incorreto dos equipamentos de transporte de blocos, sejam cerâmicos ou de concreto, podem também ocasionar perdas e resíduos, em função do manuseio incorreto desses materiais.

Segundo Blumenschein (2007), a capacitação dos colaboradores para execução dos sistemas construtivos adotados é um fator importante, pois impacta diretamente na qualidade do serviço prestado que visaria a minimização de geração de resíduos, dado o maior número de erros que passam a ocorrer pela referida falta de capacitação, o que resulta inevitavelmente em retrabalhos, perdas, e resíduos.

De acordo com Formoso et al (2002), no Brasil foi realizado um importante e amplo estudo sobre perdas geradas em canteiros de obras, por um grupo de pesquisadores, com o objetivo de investigar as principais causas de geração de perdas e quantificá-las na Indústria da Construção. O estudo foi conduzido em duas partes, a primeira delas realizada no Rio Grande do Sul, envolvendo sete materiais de construção em cinco diferentes canteiros. A segunda parte envolveu o monitoramento de 18 materiais de construção em 69 canteiros de obras, e teve a participação de acadêmicos de 15 Universidades Brasileiras, entre os anos de 1996 e 1998.

Ainda de acordo com o autor, nesse segundo estudo, mais amplo e abrangendo diferentes regiões do país, resíduos dos seguintes materiais foram investigados: aço, concreto usinado, areia, brita, cimento, argamassa pré-misturada, cal, solo, blocos e tijolos, tubulações elétricas, fios elétricos, tubulações hidráulicas e de esgoto, cerâmica, gesso, pintura e carpete. Foi feita uma descrição de todos os canteiros estudados, e coletadas informações como: mensuração de inventários, medição do trabalho concluído, controle de fluxo de materiais, observação da descarga de materiais, transporte e armazenamento, processo de produção e estabelecimento de indicadores de desempenho.

Ambos os estudos revelaram que grande parte dos resíduos gerados eram previsíveis e evitáveis. No que diz respeito às fontes de resíduos, foi identificado que as atividades de fluxo, como sejam entrega de material, estoques, e manuseio e transporte interno, têm grande influência na geração de resíduos, e que elas muitas vezes são negligenciadas pela administração do canteiro. Existem inúmeras possíveis causas de

geração de perdas e RCC durante a fase de produção/execução do edifício, e até por via de um mau planejamento dessa mesma execução.

## 6.2.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES E VARIÁVEL DEPENDENTE DO MODELO

Dos dois tópicos imediatamente anteriores, resulta então natural que tivessem que ser consideradas como variáveis independentes do modelo empírico a que a autora pretendia chegar, dois tipos de variáveis: **1 - Variáveis independentes de projeto; 2 – Variáveis independentes de produção/sistema produtivo.**

No caso, **a autora definiu como variáveis independentes de projeto as seguintes:**

- Área total do edifício (m<sup>2</sup>);
- Área do pavimento-tipo (m<sup>2</sup>);
- A relação/razão: [Nº de pavimentos tipo] / [Nº total de pavimentos], para cada edifício (Tipo/Total);
- Densidade de paredes internas do pavimento tipo (m/m<sup>2</sup>), sendo que para o cálculo do comprimento total de paredes internas se considerou não apenas o comprimento das paredes como os “comprimentos” dos pilares que ligavam as paredes entre si; só não eram/foram contabilizados comprimentos de paredes internas em “dry-wall”;
- Índice econômico de compacidade, *I<sub>eC</sub>*, já anteriormente definido.

**Já para variáveis independentes do modelo relacionadas à produção/sistema construtivo, considerou as seguintes e da forma como são detalhadas/descritas:**

- Geração de resíduos devido à prática de personalização de apartamentos: (Sim/Não); considerou-se sim só para os casos de personalizações na pós-construção do apartamento, gerando demolições e resíduos por esse fato na obra;
- Reaproveitamento de resíduos em canteiro: (Sim/Não): algumas empresas reaproveitam resíduos de classe A. Mas como os registros históricos eram sobre obras já concluídas, não foi possível apurar as quantidades reaproveitadas, pelo que se transformou em variável dicotômica (do tipo Sim/Não). Assim, para os casos onde havia/houve reaproveitamento atribuiu-se o valor 1, e para aqueles onde não havia/houve reaproveitamento atribuiu-se o valor 0;
- Organização do canteiro: as obras foram pontuadas segundo uma escala [1 a 5]. Para isso foram tomados em consideração uma série de aspetos tais como: a) Limpeza do

canteiro; b) Preocupação com a segurança dos funcionários; c) Existência de ferramentas de Gestão da Qualidade. A pontuação atribuída a cada obra/canteiro/edifício resultava da média das avaliações atribuídas segundo esses quesitos por parte de dois observadores participantes da pesquisa; 1= canteiros com falhas de organização; 5 = os canteiros com grau máximo de organização;

- Sistema produtivo ( escala de pontuação: [1, 2, 3] ): a pontuação desta variável seguiu os seguintes critérios:

**1 = Sistema Artesanal:** estrutura em concreto armado moldado no local + alvenarias de vedação sem paginação + alvenaria de divisão interna em tijolos + corte e dobra de aço em canteiro + poucos equipamentos de transporte na obra;

**3 = Sistema Intermediário quanto a Industrialização:** estrutura em concreto armado moldado no local + alvenaria de vedação sem paginação + alvenaria de divisão interna em tijolos + corte e dobra de aço industrializados + argamassa industrializada + uso de alguns componentes pré-fabricados + alguns equipamentos de transporte na obra; ou, em alternativa obras com: alvenaria estrutural + argamassa industrializada + utilização de alguns componentes pré-fabricados + alguns equipamentos de transporte na obra;

**3= Sistema Construtivo com Práticas Industrializadas:** concreto armado moldado no local + alvenaria de vedação externa em blocos racionalizados com projeto de paginação + toda a alvenaria de divisão interna em “dry-wall” + corte e dobra de aço industrializados + argamassa industrializada + utilização de componentes pré-fabricados + ampla aplicação de equipamentos de transporte na obra + emprego de filosofia da construção enxuta (sobretudo quanto a abastecimento otimizado de materiais nos postos de trabalho – ferramentas como “kanban” e “just-in-time”).

Como variável dependente do modelo tem-se, naturalmente, o volume de RCC gerados no canteiro de obras do edifício vertical.

Apesar de que o AHP, por si só, já é capaz de fornecer a melhor solução para o problema de “qual a melhor solução para manejar os RCC gerados em edifícios verticais”, ele ainda é um método com uma componente qualitativa não desprezável.

### **6.2.3 METODOLOGIA E ETAPAS DE PESQUISA SUBJACENTES À FORMULAÇÃO DO MODELO**

Apesar de que o AHP, por si só, já é capaz de fornecer a melhor solução para o problema de “qual a melhor solução para manejar os RCC gerados em edifícios verticais”, ele ainda é um método com uma componente qualitativa não desprezável.

Ademais, na altura em que o pesquisador desenvolvia seus trabalhos de campo, não tinha garantias de que as construtoras objeto de estudo de caso tivessem ou fornecessem uma base de dados minimamente fiável para alimentar a base de dados necessária ao desenvolvimento da ferramenta informática objetivo último da pesquisa.

Nessa conformidade, partiu-se à procura de um estudo que estimasse a geração de RCC em edifícios verticais, e aprofundou-se o mesmo em torno de uma dissertação de Dias, M.F. (2013), e cuja metodologia e principais resultados obtidos se apresentam nos tópicos seguintes.

A metodologia seguida pela autora foi a do estudo múltiplo de casos, partindo de um estudo-piloto inicial.

Segundo Yin (2001), o estudo de caso consiste numa visão empírica de um fenómeno dentro de seu contexto, onde o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos, e essencialmente busca resolver as questões relacionadas a “como” e “porque” os eventos ocorrem.

Para Gil (2002), a estratégia de estudo de caso pode ter diferentes objetivos: explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos, preservar o carácter unitário do objeto estudado, descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, formular hipóteses ou desenvolver teorias e explicar as variáveis causais de determinado fenómeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

Segundo Dias, M.F. (2013), sua pesquisa se tratou de um estudo de casos múltiplos, a partir de fontes de evidências quantitativas e qualitativas observadas em obras de diferentes empresas, e como ferramenta de análise foi utilizada a estatística, sendo que para o tratamento de dados foi empregue a técnica da regressão linear múltipla.

De acordo com Stevenson (2001), a equação de regressão é útil para explicar valores de uma variável em função de outras, isto é, quando se suspeita de uma relação de causa e efeito entre duas ou mais variáveis, a análise de regressão linear permite verificar qual relacionamento pode existir entre elas.

### **6.2.3.1 ESTUDO-PILOTO**

A primeira etapa da pesquisa de Dias, M.F. (2013) passou por um estudo-piloto realizado em onze obras na cidade de Novo Hamburgo-RS, o qual durou cerca de 3 meses, com uma periodicidade semanal de visita. Os objetivos passavam por observar como os RCC gerados nessas obras eram gerenciados dentro dos respectivos canteiros, e pelas

empresas construtoras correspondentes, e já sistematizar que tipo de dados deveriam ser coletados nas etapas subsequentes da pesquisa. Na ocasião foram registrados dados que tinham a ver com aspetos tais como organização dos canteiros, acondicionamento e quantidade de resíduos gerados, identificação dos resíduos gerados em função da etapa de produção, entre outros. As obras foram numeradas de 1 a 11, e as construtoras codificadas de A, B, C, D. A figura 636 mostra: a obra de que se tratava, que empresa a realizava, qual o nº de pavimentos de cada obra, qual a área do pavimento-tipo em cada obra, a área total construída da obra, e em que etapa de execução se encontrava no início do estudo-piloto.

| Obra            | Empresa        | Nº pav. | Área pav. Tipo | Área total | Etapa de execução             |
|-----------------|----------------|---------|----------------|------------|-------------------------------|
| 1 <sub>p</sub>  | A <sub>p</sub> | 22      | 382,44         | 11291,78   | Estrutura                     |
| 2 <sub>p</sub>  | B <sub>p</sub> | 8       | 509,16         | 4562,17    | Infraestrutura                |
| 3 <sub>p</sub>  | C <sub>p</sub> | 23      | 509,23         | 14297,00   | Acabamento                    |
| 4 <sub>p</sub>  | D <sub>p</sub> | 12      | 246,78         | 3988,96    | Estrutura e alvenaria         |
| 5 <sub>p</sub>  | C <sub>p</sub> | 27      | 392,96         | 16612,72   | Estrutura e alvenaria         |
| 6 <sub>p</sub>  | B <sub>p</sub> | 12      | 360,65         | 5776,96    | Acabamento                    |
| 7 <sub>p</sub>  | C <sub>p</sub> | 20      | 248,79         | 6858,78    | Estrutura                     |
| 8 <sub>p</sub>  | C <sub>p</sub> | 18      | 278,26         | 7409,78    | Estrutura e início alvenarias |
| 9 <sub>p</sub>  | C <sub>p</sub> | 21      | 321,90         | 7994,53    | Acabamento                    |
| 10 <sub>p</sub> | C <sub>p</sub> | 20      | 357,25         | 9106,02    | Acabamento                    |
| 11 <sub>p</sub> | B <sub>p</sub> | 13      | 351,83         | 6155,86    | Estrutura e alvenaria         |

Figura 636 – Identificação das obras acompanhadas em Novo Hamburgo-RS no estudo-piloto (Fonte: Dias, M.F., 2013)

Em termos de tempo de atuação no mercado, segmentos atuantes e produção, as 4 empresas com obras participantes no estudo-piloto tinham as características que constam na figura 637.

| Empresa        | Tempo de atuação | Segmento   | Produção               |
|----------------|------------------|--|------------------------|
| A <sub>p</sub> | 25 anos          | Edifícios residenciais                           | -                      |
| B <sub>p</sub> | 33 anos          | Edifícios residenciais                           | 35 edifícios           |
| C <sub>p</sub> | 65 anos          | Edifícios residenciais e comerciais <sup>1</sup> | 252.008 m <sup>2</sup> |
| D <sub>p</sub> | 21 anos          | Variados   | 20 edifícios           |

Figura 637 – Descrição das empresas participantes no estudo-piloto (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Em relação à produção apenas a empresa C apresentou dados do total de m<sup>2</sup> construídos. As restantes referiram apenas o nº de edifícios construídos. A área total construída apresentada pela empresa C é apenas aquela contabilizada na sua produção desde o ano de 1979.

Nas visitas do estudo-piloto foram, e relativamente aos edifícios que faziam parte do mesmo, foram levantados ainda dados como: informações sobre o sistema construtivo empregue em cada um, etapa de execução à data das visitas, se as empresas a que os

edifícios pertenciam tinham Programas de Qualidade ou não, quais as respectivas práticas quanto a terceirização de mão de obra, quais as suas práticas de gestão de resíduos, se nessas obras se empregava a pré-fabricação de sistemas e estruturas, se faziam personalização de apartamentos, se havia caçambas estacionárias em obra, quais os volumes das mesmas, e quais os nomes das empresas que coletavam seus respectivos RCC.

Durante o estudo-piloto buscou-se também saber se a Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo estava exigindo às empresas a elaboração de PGRCC / PGRS, e como é que, no caso, as empresas estavam realizando esses projetos.

### **6.2.3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS**

Os objetivos desta etapa foram obter dados de geração de RCC na execução/produção de edifícios e identificar as possíveis causas da geração dos mesmos, para que depois se pudesse verificar qual o grau de influência das variáveis de projeto e das variáveis de produção/sistema produtivo anteriormente definidas sobre a geração de RCC em edifícios verticais. Para isso teve que ser realizado um tratamento estatístico dos dados de geração, e aplicadas diversas técnicas estatísticas anteriormente descritas de forma breve.

A autora partiu então para uma ampliação do número de obras da amostra. No início tentou continuar a trabalhar com dados de obras apenas da cidade de Novo Hamburgo-RS, mas isso acabaria por se revelar inviável. Já que havia sido efetuado o estudo-piloto, a autora tentou aproveitar os dados de empresas que faziam parte daquele lote de obras. Mas como o prazo de término das obras desse estudo-piloto ultrapassariao dapesquisa, a autora decidiu buscar dados referentes a obras concluídas nos 5 anos anteriores (2008 a 2013, portanto). No entanto, das 4 empresas que faziam parte do estudo-piloto, duas declararam não possuir controle do nº de caçambas retiradas das suas obras, outra estava exatamente a começar a efetuar tal registro no momento da auscultação (estudo-piloto), e apenas uma respondeu ter esse tipo de histórico de resíduos gerados nas suas obras. Em Novo Hamburgo-RS apenas se conseguiram dados de geração por parte de duas empresas, num total de 5 obras terminadas.

Perante esta situação, a autora decidiu aumentar a área de estudo, passando a trabalhar com a região metropolitana de Porto Alegre, e dessa forma enviou convite para 28 empresas, das quais apenas 8 responderam.

Com as empresas dispostas a participar da pesquisa foi realizado um contato inicial por telefone, seguido de convite formal por e-mail. A autora deslocou-se também às matrizes dessas empresas para esclarecimento do trabalho e dos objetivos propostos.

Daí resultou uma amostra de obras maior que a do estudo-piloto, agora com 20 obras, distribuídas pelas cidades de Novo Hamburgo, Porto Alegre, São Leopoldo, Esteio e Canoas, todas no estado do RioGrande do Sul. Essas obras pertenciam a 10 empresas, as quais se designam no estudo por letras de A até J, conforme consta na figura 638.

| Identificação empresa | Nº de obras | Percentual de participação da empresa em número de amostras |
|-----------------------|-------------|---|
| A                     | 4           | 20%   |
| B                     | 1           | 5%  |
| C                     | 2           | 10%   |
| D                     | 2           | 10%   |
| E                     | 1           | 5%  |
| F                     | 2           | 10%   |
| G                     | 5           | 25%   |
| H                     | 1           | 5%  |
| I                     | 1           | 5%  |
| J                     | 1           | 5%  |
| Total                 | 20          | 100%  |

Figura 638 – Percentual de participação das empresas em termos do total de obras, na amostra (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Cabe destacar que para qualquer das 10 empresas cujas obras pertencem à amostra, pelo menos um canteiro de obra em andamento foi visitado, para verificação no local quais as práticas de gestão, organização de canteiro, e processo construtivo empregues por essas construtoras.

A figura 639 apresenta as características das construtoras cujas obras compõem a amostra, em termos do seu tempo de atuação no mercado, segmento onde atuam e produção. Observar que o total de produção apresentado para a empresa A, se encontra contabilizado apenas do ano de 1979 para a frente.

| Empresa | Tempo de atuação | Segmento   | Produção                 |
|---------|------------------|--|--------------------------|
| A       | 65 anos          | Edifícios residenciais e comerciais <sup>1</sup>         | 252008 m <sup>2</sup>    |
| B       | 33 anos          | Edifícios residenciais                                   | 35 edifícios             |
| C       | 33 anos          | Edifícios residenciais, condomínios horizontais e outros | 150729 m <sup>2</sup>    |
| D       | 17 anos          | Edifícios residenciais                                   | 8 edifícios              |
| E       | 25 anos          | Edifícios residenciais e outros                          | 5.000,00 m <sup>2</sup>  |
| F       | 29 anos          | Edifícios residenciais                                   | 2500 apartamentos        |
| G       | 51 anos          | Edifícios residenciais e comerciais                      | 1.200.000 m <sup>2</sup> |
| H       | 7 anos           | Edifícios residenciais e outros                          | 9000 m <sup>2</sup>      |
| I       | 32 anos          | Edifícios residenciais, condomínios horizontais e outros | 590000 m <sup>2</sup>    |
| J       | 20 anos          | Edifícios residenciais                                   | 223962 m <sup>2</sup>    |

Figura 639 – Descrição das empresas participantes do levantamento de dados (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Como se pode observar pela figura anterior, os dados de produção apresentados pelas empresas variam na sua unidade de medida, desde edifícios, passando por nº de apartamentos e terminando em m<sup>2</sup> de área total construída, que é uma grandeza de maior utilidade em termos de tratamento de dados.

Os dados da figura permitem mostrarmos também que uma boa parte das empresas que compõem a amostra têm um tempo de atuação considerável, podendo-se considerar que já estão consolidadas no mercado no segmento de edificações verticais.

A figura 640 apresenta as obras que compõem a amostra, em termos de empresa construtora que as executou, nº de pavimentos de cada obra, nº de prédios existentes no lote construído, qual o sistema construtivo da obra no que diz respeito a estrutura e alvenaria de vedação, e em que cidade estas obras foram executadas.

| ID (obra) | Empresa | Nº pavimentos | Número de prédios no lote | Estrutura            | Vedação                                   | Cidade        |
|-----------|---------|---------------|---------------------------|----------------------|---|---------------|
| 1         | A       | 21            | 1                         | Concreto armado      | Blocos cerâmicos                          | Novo Hamburgo |
| 2         | A       | 23            | 1                         | Concreto armado      | Blocos cerâmicos                          | Novo Hamburgo |
| 3         | A       | 18            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos                                   | Novo Hamburgo |
| 4         | A       | 20            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos                                   | Novo Hamburgo |
| 5         | B       | 12            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos                                   | Novo Hamburgo |
| 6         | C       | 7             | 1                         | Concreto armado      | Blocos cerâmicos                          | Canoas        |
| 7         | C       | 7             | 1                         | Alvenaria estrutural |   | Canoas        |
| 8         | D       | 13            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos retificados                       | Esteio        |
| 9         | D       | 12            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos retificados                       | Esteio        |
| 10        | F       | 17            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos                                   | Porto Alegre  |
| 11        | F       | 16            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos                                   | Porto Alegre  |
| 12        | G       | 17            | 2 (plantas idênticas)     | Concreto armado      | Blocos cerâmicos (com proj. de paginação) | Porto Alegre  |
| 13        | G       | 13            | 2 (plantas idênticas)     | Concreto armado      | Blocos cerâmicos (com proj. de paginação) | Porto Alegre  |
| 14        | G       | 17            | 2 (plantas diferentes)    | Concreto armado      | Blocos cerâmicos (com proj. de paginação) | Canoas        |
| 15        | G       | 15            | 2 (plantas idênticas)     | Concreto armado      | Blocos cerâmicos (com proj. de paginação) | Porto Alegre  |
| 16        | G       | 19 + 4        | 1 + 1 (estacionamento)    | Concreto armado      | Blocos cerâmicos (com proj. de paginação) | Porto Alegre  |
| 17        | H       | 11            | 1                         | Concreto armado      | Blocos cerâmicos (com proj. de paginação) | Porto Alegre  |
| 18        | I       | 13            | 1                         | Alvenaria estrutural |   | Canoas        |
| 19        | E       | 12            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos                                   | São Leopoldo  |
| 20        | J       | 16            | 1                         | Concreto armado      | Tijolos                                   | Porto Alegre  |

Figura 640 – Identificação das obras que compõem a amostra da pesquisa (Fonte: Dias, M.F. 2013)



Em relação à figura anterior destacar que o nº de pavimentos entre as obras varia desde os 7 até os 23, que o nº de prédios por lote na esmagadora maioria dos casos é igual a um exceto naqueles construídos pela empresa G (obras 12, 13, 14, 15 e 16).

As obras nºs 12,13,14 e 15 correspondem a empreendimentos com duas torres com estacionamento no subsolo e térreo. Já a obra nº 16 trata-se de uma torre de apartamentos acrescida de um prédio para garagens, isolado.

Quanto ao sistema construtivo quase todas as obras têm estrutura em concreto armado moldado no local, e alvenaria de vedação em tijolos ou blocos cerâmicos, exceto as obras nºs 7 e 18, que são executadas em alvenaria estrutural.

Importante referir que, e de acordo com Triola (1999), como não existem meios de enumerar todos os elementos participantes do universo em análise, não foi possível planejar a amostra segundo as técnicas tradicionais da estatística.

Assim, e conforme González (2003), buscou-se a maior quantidade de empresas possível, sem utilizar critérios científicos rigorosos, formando-se uma amostra denominada de “julgada”, sem aleatoriedade ou chance de igual seleção para todos os elementos do universo.

A variável dependente do modelo empírico é, conforme referido anteriormente, a quantidade total de RCC gerada em cada obra, a qual foi informada pela construtora por meio do registro do nº de caçambas contratadas no período de cada obra; o volume de cada uma dessas caçambas usadas durante o período da obra, foi confirmado através de telefonemas para as empresas transportadoras que haviam sido contratadas, variando entre os 4, 5 e 6m<sup>3</sup>. Não foi considerado o fator de empolamento dos resíduos nas caçambas. Não foram contabilizados resíduos provenientes de escavações e terraplenagem.

A inclusão do Índice Econômico de Compacidade (IeC), dos edifícios das obras da amostra, como variável independente de projeto justifica-se porque havendo uma relação, conforme a figura 507 anterior consegue mostrar, entre o grau de compacidade e a geração de resíduos, ocorrerão maiores desperdícios em função de quaisquer recortes em fachadas com muitas arestas, e também devido à maior dificuldade na execução das paredes curvas.

No cálculo quer da densidade de paredes internas, quer do IeC, foram usadas as dimensões do pavimento-tipo de cada obra.

No caso da obra nº 16, que comportava um edifício isolado de 4 pavimentos só para garagens, e para homogenizá-lo com os outros edifícios da amostra, incorporaram-se os pavimentos do “prédio garagem” à torre de pavimentos tipo, e de acordo com a figura 641.



Figura 641 – Esquema de compensação por acréscimo de pavimentos (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Desse modo, e para a obra 16, no cálculo da relação entre o nº de pavimentos-tipo e o nº total de pavimentos acaba ficando conforme se segue:

$$\text{Nº de tipos} / \text{Total de pavimentos} = 18 / (19 + 4) = 0,783$$

Referir ainda que, e segundo Stevenson (2001), as variáveis independentes relativas ao sistema de produção (já anteriormente descritas), como são qualitativas, necessitaram de serem convertidas em valores numéricos antes de serem processadas estatisticamente. Elas são do tipo nominal, admitindo duas categorias, e também do tipo ordinal, onde as variáveis necessitam de uma classificação segundo seu desempenho, atribuindo-lhes valores relativos para denotar ordem, para permitir a comparação objetiva das obras através de regressão múltipla.

Assim, e a título de exemplo, e no que refere ao reaproveitamento de resíduos em canteiro, essa variável era dicotômica (do tipo Sim ou Não). Em função do fato dos dados usados serem provenientes de registros de obras concluídas, não foi possível obter o volume de resíduos reutilizado nas obras, donde, o que acabou se fazendo foi: onde havia reaproveitamento de resíduos atribuiu-se o valor 1, e onde a prática não ocorreu atribuiu-se o valor 0.

Fazer notar que as visitas realizadas nas obras que fizeram parte do estudo-piloto contribuíram muito para afinar a percepção em relação às variáveis de sistema de produção organização no canteiro e sistema produtivo.

### 6.2.3.3 TRATAMENTO DE DADOS

Depois de feito o estudo-piloto e do levantamento de dados relativos à amostra efetiva, utilizada para se chegar ao modelo matemático empírico que estimasse a geração de resíduos, e que foi a amostra mais completa de 20 obras executadas naquelas 5

diferentes cidades, passou-se a uma outra etapa da pesquisa para definição do modelo, que foi a do tratamento de dados coletados na/da amostra mais completa de 20 obras. Isso implicou a aplicação de várias técnicas estatísticas objeto de “descrição prática” no capítulo anterior. Para tanto o pesquisador usou o “Excel” e recalculou os dados da autora, sendo que esta dispunha do programa computacional estatístico IBM SPSS Statistics.

O objetivo final, em ambos os casos, era chegar a um modelo do tipo do da figura 642, no qual a variável  $Y_i$  representa a quantidade total de resíduos gerados na  $i$ -ésima obra, e as variáveis  $X_i$  representam as variáveis independentes, sejam de projeto ou de sistema de produção, da  $i$ -ésima obra, no modelo. Já os  $\beta$  representam os coeficientes parciais de regressão do modelo, e o  $\epsilon$  representa o erro, no modelo.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_k X_{k,i} + \epsilon$$

$Y_i$  = variável dependente para a  $i$ -ésima obra;

$X_i$  = variáveis independentes para a  $i$ -ésima obra;

$\beta$  = coeficientes parciais de regressão

$\epsilon$  = erro

Figura 642 – Modelo matemático empírico “tipo”, que estime a geração de RCC em edifícios verticais, a que se pretende chegar (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Em termos resumidos, para se chegar ao modelo pretendido, do tipo do da figura 642, e de acordo com Montgomery *et al* (2004), foi utilizada uma regressão linear múltipla, sobre os dados coletados na etapa anterior, visto que, as variáveis preditoras (variáveis independentes de projeto ou de sistema de produção) estão relacionadas com a variável de interesse, que é a variável dependente (quantidade de RCC gerados na obra), porém este grau de relacionamento não é completamente conhecido à partida. Segundo o autor, a regressão linear consiste em um modelo que relaciona as variáveis baseadas nos dados observados, obtendo assim um modelo empírico.

Para isso, num primeiro momento, é necessário verificar o banco de dados, para excluir amostras incompletas, como sejam obras que não foram concluídas até à data final do estudo. Depois realizam-se/aplicam-se uma série de análises/técnicas estatísticas, com o propósito de descrever a relação entre a variável Y (quantidade de RCC gerados em obra) e

as variáveis independentes X (variáveis independentes de projeto e de sistema de produção já anteriormente definidas/explicitadas).

De acordo com Stevenson (2001) e Montgomery et al (2004), e considerando o fato de a amostra obtida poder ser considerada pequena (amostras inferiores a 30 valores de dados), Dias, M.F. (2013) levou em conta o teorema do limite central que define que se a variável para a população sob amostragem tem distribuição normal, a distribuição das médias amostrais também será normal para todos os tamanhos da amostra. Este conceito **torna possível fazer inferências sobre parâmetros populacionais, mesmo em amostras pequenas, permitindo tirar conclusões aproximadas em torno dessa média.**

A avaliação do conjunto de dados se deu através de gráficos de dispersão dos dados, do diagrama de caixa (boxplot) e testes estatísticos não paramétricos de Kolmogorov-Smirnov e Shpauro-Wilk, para a verificação da normalidade dos dados que compõem a variável dependente (Y), pois a distribuição normal é requisito para aplicação da regressão linear.

Num segundo momento, as variáveis coletadas que apresentaram influência sobre a variável dependente Y (quantidade/volume de RCC gerados em obra) foram utilizadas na análise de regressão. Foi estabelecido um **nível de significância  $\alpha = 0,05$**  e analisados os **coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de correlação (r), a análise de variância (F) e teste de variáveis explicativas (t = teste de student)**. Além da análise dos resíduos gerados através da **verificação de sua normalidade através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk**, e por meio de **gráficos de probabilidade normal** dos resíduos.

O modelo empírico do tipo do da figura 642, pode ser usado para estimativa de valores desconhecidos, ou seja, tendo em conta os valores das variáveis dependentes de uma nova empresa pode-se estimar o volume de resíduos que ela gera.

Os dados levantados na segunda etapa da metodologia seguida por Dias, M.F. (2013), envolvendo as 20 obras da amostra mais completa envolvendo as 5 cidades anteriormente referidas, serão apresentados em termos de variável dependente (quantidade de resíduo gerado em cada obra) e em termos de variáveis independentes também já anteriormente referidas, relativas às características de projeto arquitetônico e de sistema de produção.

A figura 643 apresenta o número de caçambas coletadas durante a execução de cada uma das obras. Também é apresentada a capacidade de volume das caçambas utilizadas, o volume de resíduo resultante em  $m^3$  e a geração de resíduo por área construída ( $m^3/m^2$ ).

De destacar a média de geração de resíduos por m<sup>2</sup>, obtida a partir do volume de resíduos informado em cada obra, dividido pela área construída de cada um dos empreendimentos.

| ID | Empresa | Nº de caçambas | Capacidade das caçambas utilizadas (m <sup>3</sup> ) | Volume total de resíduos gerados (m <sup>3</sup> ) | Geração de resíduo / área construída (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ). |
|----|---------|----------------|--|--|---|
| 1  | A       | 235            | 6  | 1410   | 0,18  |
| 2  | A       | 315            | 6  | 1890   | 0,13  |
| 3  | A       | 140            | 6  | 840  | 0,09  |
| 4  | A       | 179            | 6  | 1074   | 0,08  |
| 5  | B       | 179            | 6  | 1074   | 0,19  |
| 6  | C       | 218            | 4  | 872  | 0,20  |
| 7  | C       | 100            | 4  | 400  | 0,20  |
| 8  | D       | 105            | 4  | 420  | 0,06  |
| 9  | D       | 125            | 4  | 500  | 0,05  |
| 10 | F       | 153            | 4  | 612  | 0,08  |
| 11 | F       | 184            | 4  | 736  | 0,11  |
| 12 | G       | 488            | 4  | 1952   | 0,08  |
| 13 | G       | 297            | 4  | 1188   | 0,08  |
| 14 | G       | 378            | 4  | 1512   | 0,07  |
| 15 | G       | 541            | 4  | 2164   | 0,10  |
| 16 | G       | 219            | 4  | 876  | 0,06  |
| 17 | H       | 253            | 4  | 1012   | 0,37  |
| 18 | I       | 178            | 4  | 712  | 0,09  |
| 19 | E       | 233            | 5  | 1165   | 0,05  |
| 20 | J       | 563            | 4  | 2252   | 0,29  |

Figura 643 – Volume de resíduos gerados nas 20 obras da amostra completa (Fonte: Dias, M.F. 2013)

As variáveis independentes relativas ao projeto arquitetônico e consideradas como potenciais causadoras de resíduos nas obras da amostra, são do tipo quantitativo, e, recapitulando, foram: - Área total do edifício (m<sup>2</sup>); - Área do pavimento tipo (m<sup>2</sup>); - Participação do número de pavimentos tipo sobre o total de pavimentos do edifício (tipo/total), densidade de paredes internas do pavimento tipo (m/m<sup>2</sup>), e o índice econômico de compactidade, **leC**.

Na figura 644 são apresentados os dados coletados referentes às características de projeto consideradas. Informações como área e nº de pavimentos foram disponibilizadas pela empresa participante da amostra, e as demais variáveis, relação tipo/total de pavimentos, densidade de paredes internas e **leC** foram calculadas como apresentado no método de pesquisa da autora.












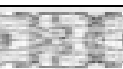








| ID | Planta do pavimento tipo  | Área total (m <sup>2</sup> ) | Área do tipo (m <sup>2</sup> ) | Nº tipos | Relação tipo/total | leC   | Perímetro de paredes internas | Densidade de paredes |
|----|---|------------------------------|--------------------------------|----------|--------------------|-------|-------------------------------|----------------------|
| 1  |    | 7994,53                      | 321,90                         | 17       | 0,81               | 62,83 | 166,72                        | 0,52                 |
| 2  |    | 14297,00                     | 509,23                         | 19       | 0,83               | 43,12 | 272,44                        | 0,54                 |
| 3  |    | 9496,70                      | 369,63                         | 15       | 0,83               | 44,23 | 190,61                        | 0,52                 |
| 4  |    | 12684,08                     | 429,04                         | 17       | 0,85               | 56,31 | 249,9                         | 0,58                 |
| 5  |    | 5776,96                      | 360,65                         | 9        | 0,75               | 62,09 | 173,7                         | 0,48                 |
| 6  |    | 4326,08                      | 564,95                         | 5        | 0,71               | 59,23 | 259,98                        | 0,46                 |
| 7  |    | 1969,42                      | 282,33                         | 5        | 0,71               | 59,35 | 131,54                        | 0,47                 |
| 8  |    | 6588,00                      | 423,00                         | 9        | 0,69               | 55,47 | 197,16                        | 0,47                 |
| 9  |    | 9807,00                      | 674,40                         | 9        | 0,75               | 59,27 | 297,55                        | 0,44                 |
| 10 |    | 7619,94                      | 346,80                         | 14       | 0,82               | 60,58 | 135,4                         | 0,39                 |
| 11 |   | 6856,52                      | 399,77                         | 13       | 0,81               | 66,82 | 186,88                        | 0,47                 |
| 12 |  | 23920,33                     | 605,84                         | 14       | 0,82               | 51,77 | 169,93                        | 0,28                 |
| 13 |  | 15230,89                     | 532,00                         | 10       | 0,77               | 60,17 | 104,96                        | 0,20                 |
| 14 |  | 21632,44                     | 531,48                         | 15       | 0,88               | 58,31 | 105,385                       | 0,20                 |
| 15 |  | 21129,08                     | 696,57                         | 14       | 0,93               | 55,69 | 179,11                        | 0,26                 |
| 16 |  | 14038,61                     | 546,83                         | 18       | 0,78               | 51,93 | 137,87                        | 0,25                 |
| 17 |  | 2700,00                      | 230,51                         | 9        | 0,82               | 57,91 | 99,77                         | 0,43                 |
| 18 |  | 8283,00                      | 506,00                         | 12       | 0,92               | 41,05 | 244,65                        | 0,48                 |
| 19 |  | 21794,63                     | 419,20                         | 9        | 0,75               | 61,74 | 219,27                        | 0,52                 |
| 20 |  | 7812,24                      | 427,21                         | 13       | 0,81               | 72,27 | 177,4                         | 0,42                 |

Figura 644 – Variáveis independentes relacionadas ao projeto arquitetônico (quantitativas), para as 20 obras da amostra completa (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Observa-se que a obra nº 14 é composta por duas torres residenciais com plantas diferentes, fato que não ocorre nas demais obras. Considerando que a quantidade de resíduos gerada informada corresponde a todo o empreendimento, e ambas as torres têm o mesmo nº de pavimentos, se optou por realizar uma média entre os valores das duas plantas do empreendimento para os dados de área, leC, e densidade de paredes internas

pertencentes às 2 torres, no intuito de homogeneizar a amostra, possibilitando a sua utilização no estudo feito pela autora.

Na obra nº 16, para o cálculo do número de pavimentos tipo sobre o total de pavimentos, relação tipo/total, foi feito acréscimo de 4 pavimentos (referentes ao prédio garagem) no total de pavimentos do edifício, a fim de homogeneizar a obra com as demais, conforme

Quanto à densidade interna de paredes nas obras 12, 13, 14, 15 e 16, pertencentes todas à empresa G, verifica-se que apresentaram resultados para esta variável abaixo das demais obras, e esse fato se deve ao emprego da tecnologia “Drywall” em todas as paredes divisórias internas dos respectivos apartamentos (somente a divisão entre unidades habitacionais/apartamentos era em alvenaria), e pelo fato de que na metodologia adotada pela autora, se prevê não contabilizar para o cálculo dessa densidade os comprimentos de parede que sejam em “Drywall”.

Quanto a variáveis independentes relacionadas a sistema de produção e causadoras de geração de resíduos em obra, e no estudo efetuado por Dias, M.F. (2013), elas são do tipo qualitativo, e são: - personalização dos apartamentos (sim ou não, sendo respectivamente substituídos por “1” ou “0”, para aplicação de análise estatística); organização do canteiro (escala de 1 a 5, conforme descrito anteriormente), e sistema produtivo / grau de industrialização (pontuação de 1 a 3, conforme também explicado anteriormente). Os dados das obras da amostra, e referentes às características relacionadas a sistema produtivo / grau de industrialização avaliadas, são os que constam na figura 645.

| ID | Empresa | Sistema produtivo (1 a 3) | Organização do canteiro (1 a 5) | Reaproveitamento de resíduos em obra | Personalização |
|----|---------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| 1  | A       | 2                         | 4                               | não                                  | não            |
| 2  | A       | 2                         | 4                               | não                                  | não            |
| 3  | A       | 2                         | 3                               | sim                                  | não            |
| 4  | A       | 2                         | 3                               | sim                                  | não            |
| 5  | B       | 1                         | 2                               | não                                  | sim            |
| 6  | C       | 1                         | 5                               | não                                  | não            |
| 7  | C       | 2                         | 5                               | não                                  | não            |
| 8  | D       | 1                         | 4                               | não                                  | não            |
| 9  | D       | 1                         | 4                               | não                                  | não            |
| 10 | F       | 1                         | 3                               | sim                                  | não            |
| 11 | F       | 1                         | 3                               | sim                                  | não            |
| 12 | G       | 3                         | 4                               | sim                                  | não            |
| 13 | G       | 3                         | 4                               | sim                                  | não            |
| 14 | G       | 3                         | 3                               | sim                                  | não            |
| 15 | G       | 3                         | 4                               | sim                                  | não            |
| 16 | G       | 3                         | 4                               | sim                                  | não            |
| 17 | H       | 1                         | 4                               | não                                  | não            |
| 18 | I       | 2                         | 3                               | sim                                  | não            |
| 19 | E       | 2                         | 3                               | não                                  | não            |
| 20 | J       | 2                         | 3                               | não                                  | não            |

Figura 645 – Variáveis independentes relacionadas ao sistema de produção (qualitativas), para as 20 obras da amostra completa (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Na metodologia usada por Dias, M.F. (2013), foi previsto usar a variável “personalização de apartamentos” dentre as variáveis de sistema produtivo, porém, ao serem consultadas sobre a realização de alterações internas nos apartamentos (alvenarias e instalações), e durante o período de execução dos edifícios, apenas a empresa B realizou modificações de alvenaria na obra 5, após esta já haver sido executada. As demais empresas informaram que modificações só foram permitidas antes do início da execução, ou ainda após a entrega do imóvel, sendo de responsabilidade do proprietário, e tendo em vista a baixa ocorrência optou-se por não trabalhar com esta variável.

#### **6.2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS E DESENVOLVIMENTO DO MODELO EMPÍRICO**

Considerando as informações das 20 obras, num primeiro momento realizou-se a análise descritiva, como objetivo de conhecer a distribuição das variáveis, para só então depois aplicar a análise de regressão múltipla, e, por fim, chegar-se ao modelo empírico.

Cabe comentar que os dados correspondentes à variável dependente (Y), foram coletados junto às empresas, sob a unidade de número de caçambas de RCC/RCD retiradas das obras. Porém, tendo em vista a verificação da ocorrência de diferença entre os volumes de caçambas das empresas coletoras, decidiu-se executar a transformação dos dados coletados para volume em metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Esta transformação, foi executada a partir da multiplicação da quantidade de caçambas relatadas pela empresa, pelo volume de caçamba informada pela empresa coletora de resíduos, conforme a figura 643. Na metodologia usada por Dias, M.F. (2013), foi previsto usar a variável “personalização de apartamentos” dentre as variáveis de sistema produtivo, porém, ao serem consultadas sobre a realização de alterações internas nos apartamentos (alvenarias e instalações), e durante o período de execução dos edifícios, apenas a empresa B realizou modificações de alvenaria na obra 5, após esta já haver sido executada. As demais empresas informaram que modificações só foram permitidas antes do início da execução, ou ainda após a entrega do imóvel, sendo de responsabilidade do proprietário, e tendo em vista a baixa ocorrência optou-se por não trabalhar com esta variável.

##### **6.2.4.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS COLETADOS**

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados, onde se observam os valores mínimos e máximos de cada uma das variáveis em estudo, as médias, desvio-padrão e o coeficiente de variação das mesmas, conforme a figura 646.



|                               | N  | Mínimo   | Máximo    | Média       | Desvio padrão | Coefficiente de variação |
|-------------------------------|----|----------|-----------|-------------|---------------|--------------------------|
| Nº de pavimentos              | 20 | 7,00     | 23,00     | 15,2500     | 4,57539       | 30,0%                    |
| Tipo / Total pav.             | 20 | 0,69     | 0,93      | 0,8035      | 0,06514       | 8,1%                     |
| Área total                    | 20 | 1.969,42 | 23.920,33 | 11.197,8725 | 6.648,08825   | 59,4%                    |
| Área pavimento tipo           | 20 | 230,51   | 696,57    | 458,8670    | 125,53330     | 27,4%                    |
| IeC                           | 20 | 41,05    | 72,27     | 57,0069     | 7,68042       | 13,5%                    |
| Densidade de paredes internas | 20 | 0,20     | 0,58      | 0,4182      | 0,11682       | 27,9%                    |
| Organização do canteiro       | 20 | 2,00     | 5,00      | 3,6000      | 0,75394       | 20,9%                    |
| Sistema produtivo             | 20 | 1,00     | 3,00      | 1,9000      | 0,78807       | 41,5%                    |
| Reaproveitamento de resíduos  | 20 | -        | -         | -           | -             | -                        |
| Volume de RCD (m³)            | 20 | 400,00   | 2.252,00  | 1.133,0500  | 565,57427     | 49,9%                    |
| Geração média (m³xm²)         | 20 | 0,05     | 0,37      | 0,1286      | 0,08580       | 66,7%                    |

Figura 646 – Estatística descritiva da amostra completa de 20 obras (Fonte: Dias, M.F. 2013)

A partir dos valores da figura 646 podem-se fazer algumas considerações importantes como: - Dentre os dados apresentados pela figura é de maior interesse a média de geração de resíduos por m<sup>2</sup>, obtida a partir do volume de resíduos informado em cada obra dividido pela área construída de cada um dos empreendimentos; – Os valores mínimo e máximo obtidos para geração de resíduo por m<sup>2</sup> variam entre o mínimo de 0,05m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> e o máximo de 0,37m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, e a respectiva média nas 20 obras da amostra é de 0,1286m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. **Esta variação evidencia a importância de adicionar fatores ao estudo no intuito de estimar a variabilidade ocasionada pelas diferentes práticas das empresas construtoras;** - com base no **coeficiente de variação (CV)** é possível observar que: **1** – As variáveis **tipo/total** e **IeC** apresentaram **baixa dispersão** (8,1% e 13,5%, respectivamente), mostrando-se “homogêneas”; **2** – Já as variáveis **organização do canteiro, número de pavimentos e densidade de paredes internas** demonstraram **dispersão média** (20,9%, 30% e 27,9%, respectivamente); **3** – A variável **sistema produtivo** apresentou **dispersão elevada** (41,5%)

**Observação: CV = Coeficiente de variação ou Desvio-padrão relativo = Desvio-padrão / [ Média] – módulo da média.** Trata-se de um parâmetro que está relacionado de algum modo com a repetibilidade dos valores de uma amostra.

Considerando as informações das 20 obras, num primeiro momento realizou-se a análise descritiva, como objetivo de conhecer a distribuição das variáveis, para só então depois aplicar a análise de regressão múltipla, e, por fim, chegar-se ao modelo empírico.

#### 6.2.4.2 ANÁLISE DA VARIÁVEL DEPENDENTE (Y)

Foram aplicados à variável dependente Y, cujos resultados são apresentados na figura 647, os testes estatísticos não paramétricos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk (este último detalhado anteriormente).

|                            | Kolmogorov-Smirnov |    |         | Shapiro-Wilk |    |         |
|----------------------------|--------------------|----|---------|--------------|----|---------|
|                            | Statistic          | df | p-valor | Statistic    | df | p-valor |
| VOLUME DE RESÍDUOS GERADOS | 0,161              | 20 | 0,184   | 0,921        | 20 | 0,103   |

Figura 647 – Teste de normalidade da variável dependente Y (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados, onde se observam os valores mínimos e máximos de cada uma das variáveis em estudo, as médias, desvio-padrão e o coeficiente de variação das mesmas, conforme a figura 646.

No seu estudo, Dias, M.F. (2013) refere que inicialmente observou-se o p-valor ( =  $d_p$  ) obtido para o teste de Shapiro-Wilk, considerado o mais indicado em amostras menores que 30 observações (no caso têm-se 20 obras), e que com aquele resultado que consta na figura 646 de **p-valor =  $d_p$  = 0,103** não se rejeita a hipótese da normalidade para a variável dependente Y; só que, não é referido qual o nível de significância que o estudo levou em consideração (em princípio deverá ter sido em torno de 5 a 10%), nem o valor da estatística de teste, ET, obtida no teste de Shapiro-Wilk.

A autora apresenta também no estudo, pressupostamente partindo dos valores de resíduos gerados nas 20 obras (valores da variável dependente Y), um gráfico do tipo “box-plot” onde se observa que não existem valores discrepantes/”outliers” no conjunto de 20 valores de Y. No entanto, não apenas porque o gráfico da dissertação não tem uma definição muito acurada de valores na escala do gráfico, como até para o pesquisador poder treinar a ferramenta, recalculou-se o gráfico box-plot, e aquele que se apresenta na figura 648 é o correspondente ao recálculo feito pelo pesquisador.

Comece-se então por estabelecer uma série de dados ordenados da quantidade de resíduos (em m<sup>3</sup>) gerados nas 20 obras da amostra. E ter-se-ia: 400, 420, 500, 612, 712, 736, 840, 872, 876, 1012, 1074, 1074, 1165, 1188, 1410, 1512, 1890, 1952, 2164, 2252.

Tem-se um n<sup>o</sup> de elementos par, da amostra (20 elementos). Logo, no caso a mediana resultará da média entre o 10<sup>o</sup> e o 11<sup>o</sup> elemento, ou seja: Mediana = (1012 + 1074) / 2 = 1043

O Q1, neste caso, como a metade inferior da amostra continua tendo n<sup>o</sup> par de elementos (=10 elementos), vem igual à média dos 5<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> elementos, ou seja: Q1 = (712 + 736) / 2 = 724.

De forma semelhante a metade superior da amostra também tem 10 elementos (n<sup>o</sup> par), pelo que Q3 resultará da média entre o 15<sup>o</sup> e o 16<sup>o</sup> elementos, ou seja: (1410 + 1512) / 2 = 1461.

Donde, a distância interquartil ( $Q3 - Q1$ ) =  $(1461 - 724) = 737$ ; donde 1,5 vezes essa distância será  $1,5 * 737 = 1105,5$ .

Então, pelas respectivas fórmulas / expressões, o LI e o LS vêm:

$$\# \text{ LI} = \text{máx} ( \text{mín} (\text{dados}) ; Q1 - 1,5 * (Q3 - Q1) ) = \text{máx} (400; 724 - 1105,5) = 400$$

$$\# \text{ LS} = \text{mín} ( \text{máx} (\text{dados}) ; Q3 + 1,5 * ( Q3 - Q1 ) ) = \text{mín} (2252; 1461 + 1105,5) = 2252$$

Dos valores acima resulta que não existirão efetivamente pontos discrepantes /“outliers”, e o diagrama tipo box-plot para a variável dependente Y será o que consta da figura 648.

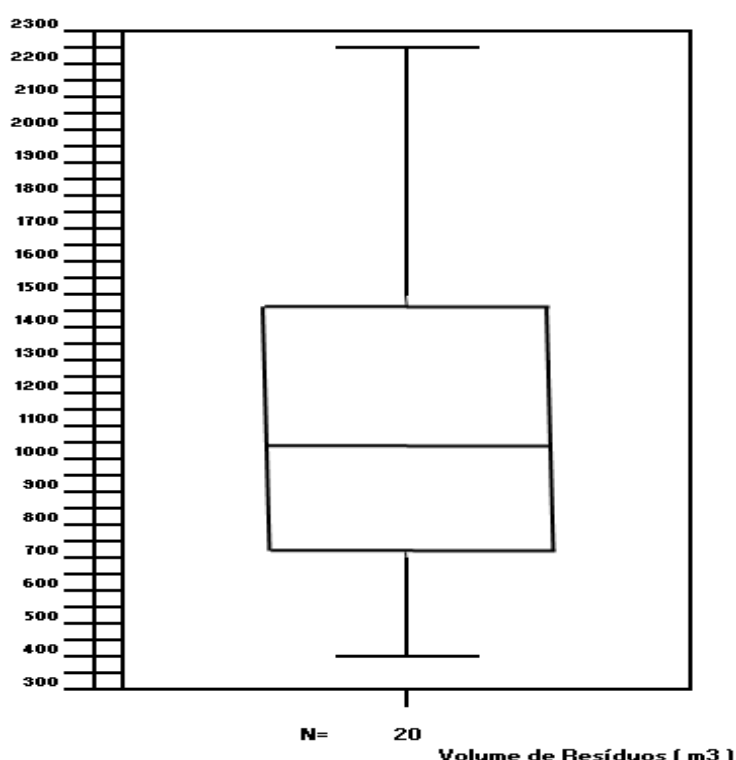


Figura 648 – Gráfico box-plot da variável dependente – volume de resíduos gerados nas 20 obras (Fonte: Dias, M.F. 2013)

Posto isto, pode-se usar a ferramenta dos gráficos de probabilidade normal em EXCEL, partindo de uma amostra aleatória desordenada, já anteriormente apresentada, para analisar a variável dependente Y (volume de resíduos gerados), e a normalidade de sua distribuição. Foi o que o pesquisador fez, partindo dos dados de geração de resíduos aleatórios e desordenados das 20 obras da amostra completa.

1º Passo - Determinar a ordem (numa sequência crescente ) que corresponderia a cada um dos valores aleatórios de resíduos gerados nas 20 obras da amostra completa. E usando a função ORDEM do excel, poderia se chegar ao que consta na figura 649.

| B                       | C            |
|-------------------------|--------------|
| <b>RESÍDUOS GERADOS</b> | <b>ORDEM</b> |
| 1410                    | 15           |
| 1890                    | 17           |
| 840                     | 7            |
| 1074                    | 11           |
| 1074                    | 11           |
| 872                     | 8            |
| 400                     | 1            |
| 420                     | 2            |
| 500                     | 3            |
| 612                     | 4            |
| 736                     | 6            |
| 1952                    | 18           |
| 1188                    | 14           |
| 1512                    | 16           |
| 2164                    | 19           |
| 876                     | 9            |
| 1012                    | 10           |
| 712                     | 5            |
| 1165                    | 13           |
| 2252                    | 20           |

Figura 649 – Ordenação crescente dos valores da variável dependente Y (valores de resíduos gerados na amostra completa de 20 obras da pesquisa da autora) – (o pesquisador, 2019)

Os passos seguintes seriam:

3º passo: Calcular a média e o desvio-padrão da amostra aleatória, usando as funções MEDIA e DESVPAD.A do EXCEL;

4º passo: Através do separador/aba “Fórmulas” e dentro dele usando a opção “Mais Funções” e a seguir a sup-opção “Estatística”, selecionar a função “DIST.NORM”, chegar ao cálculo da probabilidade acumulada esperada, conforme exemplificado anteriormente.

Procedendo desse modo se chegaria em resultados como os que constam na figura 650.

|    | A | B                       | C            | D                          | E                    | F          | G                         |
|----|---|-------------------------|--------------|----------------------------|----------------------|------------|---------------------------|
| 1  |   | <b>RESÍDUOS GERADOS</b> | <b>ORDEM</b> | <b>PROB. ACUM. OBSERV.</b> | <b>MÉDIA</b>         | 1133,05    | <b>PROB. ACUM. ESPER.</b> |
| 2  |   | 1410                    | 15           | 0,75                       | <b>DESVIO-PADRÃO</b> | 565,574275 | 0,687819565               |
| 3  |   | 1890                    | 17           | 0,85                       |                      |            | 0,909612752               |
| 4  |   | 840                     | 7            | 0,35                       |                      |            | 0,302178234               |
| 5  |   | 1074                    | 11           | 0,55                       |                      |            | 0,458423123               |
| 6  |   | 1074                    | 11           | 0,55                       |                      |            | 0,458423123               |
| 7  |   | 872                     | 8            | 0,4                        |                      |            | 0,322196199               |
| 8  |   | 400                     | 1            | 0,05                       |                      |            | 0,097467721               |
| 9  |   | 420                     | 2            | 0,1                        |                      |            | 0,103698755               |
| 10 |   | 500                     | 3            | 0,15                       |                      |            | 0,131505065               |
| 11 |   | 612                     | 4            | 0,2                        |                      |            | 0,178453177               |
| 12 |   | 736                     | 6            | 0,3                        |                      |            | 0,241330287               |
| 13 |   | 1952                    | 18           | 0,9                        |                      |            | 0,926191091               |
| 14 |   | 1188                    | 14           | 0,7                        |                      |            | 0,538699493               |
| 15 |   | 1512                    | 16           | 0,8                        |                      |            | 0,748579691               |
| 16 |   | 2164                    | 19           | 0,95                       |                      |            | 0,965835997               |
| 17 |   | 876                     | 9            | 0,45                       |                      |            | 0,324736728               |
| 18 |   | 1012                    | 10           | 0,5                        |                      |            | 0,415261736               |
| 19 |   | 712                     | 5            | 0,25                       |                      |            | 0,228297739               |
| 20 |   | 1165                    | 13           | 0,65                       |                      |            | 0,522524769               |
| 21 |   | 2252                    | 20           | 1                          |                      |            | 0,976059979               |

Figura 650 – Cálculo da Probabilidade acumulada observada, média, desvio-padrão da amostra aleatória completa, e Probabilidade acumulada esperada caso a amostra siga uma distribuição normal – (o pesquisador, 2019)

5º passo: Construir em EXCEL o gráfico de dispersão do tipo probabilidade acumulada observada (eixo X) versus probabilidade acumulada esperada se a distribuição for normal (eixo Y), através do EXCEL, conforme exemplificado anteriormente.

Fazendo isso poderíamos chegar a um primeiro gráfico probabilidade observada versus probabilidade esperada caso a amostra aleatória completa fosse/seja completa ainda “em bruto” do tipo da figura 634.

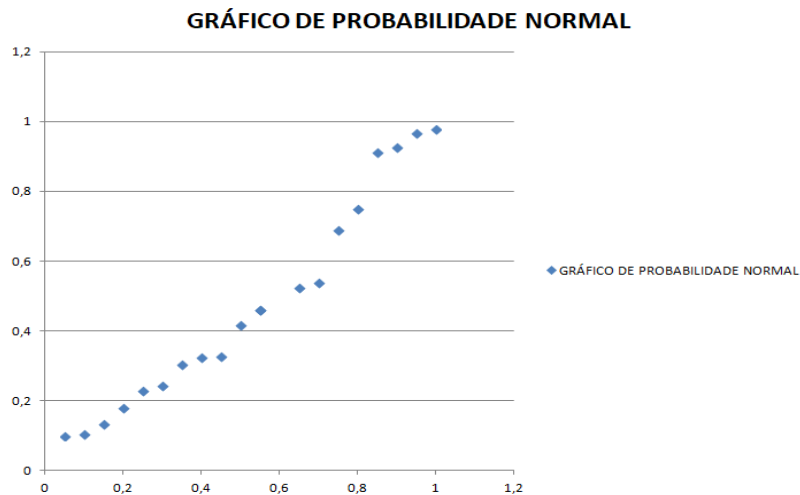


Figura 651 – Cálculo da Probabilidade acumulada observada versus probabilidade acumulada esperada caso a amostra siga uma distribuição normal, ainda por aperfeiçoar (o pesquisador, 2019)

6º Passo: Aperfeiçoar o aspeto do gráfico, corrigindo as escalas de X e Y (as probabilidades não podem ultrapassar o valor de 1) adicionando títulos aos eixos X e Y, e adicionando linha de tendência; fazendo isso se obteria um gráfico como o da figura 635.

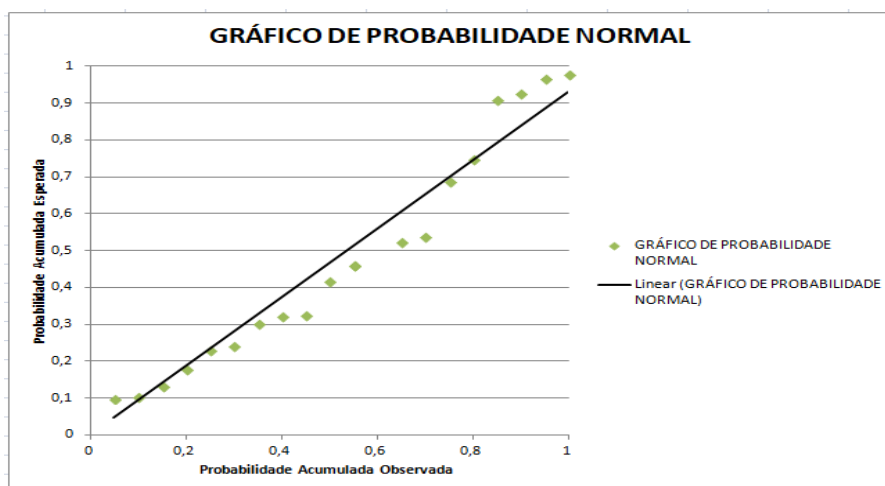


Figura 652 – Cálculo da Probabilidade acumulada observada versus probabilidade acumulada esperada caso a amostra siga uma distribuição normal, completo (o pesquisador, 2019)

O gráfico da figura 635 mostra que dos 20 valores de resíduos gerados observados, no mínimo 13 a 14 valores andam bem próximos da reta de regressão linear que representa a normalidade de distribuição. Então pode-se considerar que os resíduos gerados na amostra completa das 20 obras seguem uma distribuição normal.

**Importante:** referir que o pesquisador neste recálculo usou as 20 obras, enquanto a autora usou apenas os dados de 19 delas, o que faz com que o aspecto do gráfico da autora ainda se aproxime mais da distribuição normal.

#### **6.2.4.3 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES**

A seguir à análise da normalidade da variável dependente Y (volume de resíduos gerados na amostra completa das 20 obras objeto de pesquisa) procedeu-se à análise de **cada uma** das variáveis independentes. Como variáveis independentes nessa análise consideraram-se:

- Nº de pavimentos;
- Relação: nº de pavimentos tipo / nº total de pavimentos;
- Área total;
- Área do pavimento-tipo;
- IeC = (Índice Econômico de Compacidade);
- Densidade de Paredes Internas;
- Organização do canteiro;
- Sistema de Produção;
- Reaproveitamento de resíduos.

Inicialmente foram elaborados gráficos de dispersão das quantidades destas variáveis independentes versus/contra os valores da variável dependente, com o objetivo de visualizar uma possível **relação de causa e efeito entre elas**.

Para esse efeito, juntaram-se parte das informações da figura 623, com as informações das figuras 626 e 627, chegando-se à figura 636 a seguir.

| ID (obra) | Empresa | Nº Pavimentos | Área Total (m2) | Área do Tipo (m2) | Nº Tipos | Relação tipo/Total | IeC   | Perímetro de paredes interiores | Densidade de Paredes | Volume total de resíduos gerados (m3) |
|-----------|---------|---------------|-----------------|-------------------|----------|--------------------|-------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1         | A       | 21            | 7994,53         | 321,90            | 17       | 0,81               | 62,83 | 166,72                          | 0,52                 | 1410                                  |
| 2         | A       | 23            | 14297,00        | 509,23            | 19       | 0,83               | 43,12 | 272,44                          | 0,54                 | 1890                                  |
| 3         | A       | 18            | 9496,70         | 369,63            | 15       | 0,83               | 44,23 | 190,61                          | 0,52                 | 840                                   |
| 4         | A       | 20            | 12684,08        | 429,04            | 17       | 0,85               | 56,31 | 249,90                          | 0,58                 | 1074                                  |
| 5         | B       | 12            | 5776,96         | 360,65            | 9        | 0,75               | 62,09 | 173,70                          | 0,48                 | 1074                                  |
| 6         | C       | 7             | 4326,08         | 564,95            | 5        | 0,71               | 59,23 | 259,98                          | 0,46                 | 872                                   |
| 7         | C       | 7             | 1969,42         | 282,33            | 5        | 0,71               | 59,35 | 131,54                          | 0,47                 | 400                                   |
| 8         | D       | 13            | 6588,00         | 423,00            | 9        | 0,69               | 55,47 | 197,16                          | 0,47                 | 420                                   |
| 9         | D       | 12            | 9807,00         | 674,40            | 9        | 0,75               | 59,27 | 297,55                          | 0,44                 | 500                                   |
| 10        | F       | 17            | 7619,94         | 346,80            | 14       | 0,82               | 60,58 | 135,40                          | 0,39                 | 612                                   |
| 11        | F       | 16            | 6856,52         | 399,77            | 13       | 0,81               | 66,82 | 186,88                          | 0,47                 | 736                                   |
| 12        | G       | 17            | 23920,33        | 605,84            | 14       | 0,82               | 51,77 | 169,93                          | 0,28                 | 1952                                  |
| 13        | G       | 13            | 15230,89        | 532,00            | 10       | 0,77               | 60,17 | 104,96                          | 0,20                 | 1188                                  |
| 14        | G       | 17            | 21632,44        | 531,48            | 15       | 0,88               | 58,31 | 105,39                          | 0,20                 | 1512                                  |
| 15        | G       | 15            | 21129,08        | 696,57            | 14       | 0,93               | 55,69 | 179,11                          | 0,26                 | 2164                                  |
| 16        | G       | 19+4          | 14038,61        | 546,83            | 18       | 0,78               | 51,93 | 137,87                          | 0,25                 | 876                                   |
| 17        | H       | 11            | 2700,00         | 230,51            | 9        | 0,82               | 57,91 | 99,77                           | 0,43                 | 1012                                  |
| 18        | I       | 13            | 8283,00         | 506,00            | 12       | 0,92               | 41,05 | 244,65                          | 0,48                 | 712                                   |
| 19        | E       | 12            | 21794,63        | 419,20            | 9        | 0,75               | 61,74 | 219,27                          | 0,52                 | 1165                                  |
| 20        | J       | 16            | 7812,24         | 427,21            | 13       | 0,81               | 72,27 | 177,40                          | 0,42                 | 2252                                  |

Figura 653 – Informação de partida para construção dos gráficos de dispersão de cada uma das variáveis independentes em relação à variável dependente Y (o pesquisador, 2019)

Usando a parte de dados da figura 636 que consta na parte esquerda da figura 605, poderemos chegar ao gráfico de dispersão do volume de resíduos (y) em função do nº de pavimentos, que consta à direita da figura 637.

| Nº Pavimentos | Volume total de resíduos gerados (m3) |
|---------------|---------------------------------------|
| 21            | 1410                                  |
| 23            | 1890                                  |
| 18            | 840                                   |
| 20            | 1074                                  |
| 12            | 1074                                  |
| 7             | 872                                   |
| 7             | 400                                   |
| 13            | 420                                   |
| 12            | 500                                   |
| 17            | 612                                   |
| 16            | 736                                   |
| 17            | 1952                                  |
| 13            | 1188                                  |
| 17            | 1512                                  |
| 15            | 2164                                  |
| 23            | 876                                   |
| 11            | 1012                                  |
| 13            | 712                                   |
| 12            | 1165                                  |
| 16            | 2252                                  |

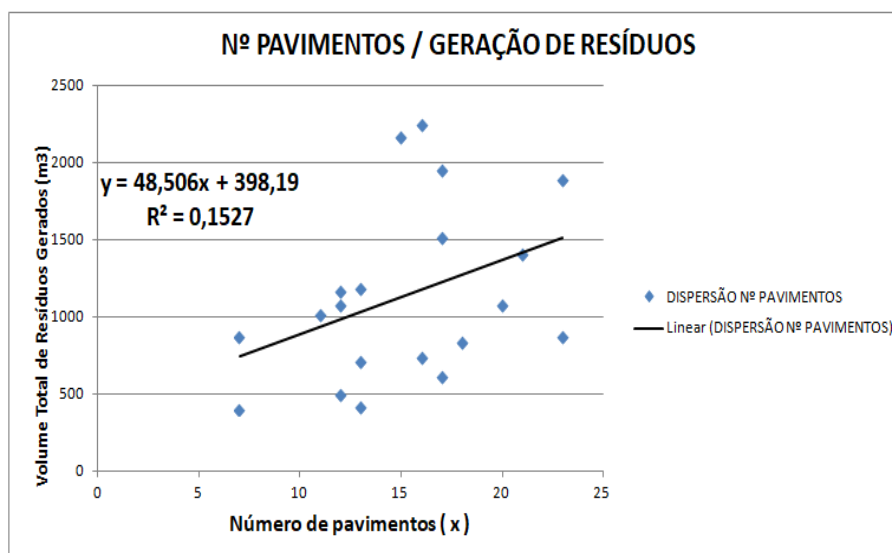


Figura 654 – Dispersão do número de pavimentos ( variável X ) versus o Volume total de resíduos gerados (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

Já de posse da equação de regressão (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a) ) poderíamos aproveitar o Excel para montar um modelo de previsão para o volume de resíduos gerados qualquer que seja/fosse o número de pavimentos, conforme a figura 638, exemplificando especificamente para um nº de pavimentos igual a 15.

| MODELO DE PREVISÃO      |         |
|-------------------------|---------|
| Coefic. A               | 398,19  |
| Coefic. B               | 48,506  |
| R-Quadrado              | 0,1527  |
| Nº Pavimentos (X)       | 15      |
| Vol. Resid. Gerados (Y) | 1125,78 |

Figura 655 – Modelo de previsão do volume total de resíduos gerados em função do nº de pavimentos - (o pesquisador, 2019)

Observa-se que o volume total de resíduos gerados aumenta conforme aumenta o nº total de pavimentos, o que seria de esperar.

Pode-se fazer algo equivalente relacionando a variável independente X relação (nº de pavimentos-tipo) / (nº total de pavimentos) versus a variável dependente Y volume total de resíduos gerados e teríamos o que consta na figura 639.

| Relação tipo/Total | Volume total de resíduos gerados (m³) |
|--------------------|---------------------------------------|
| 0,81               | 1410                                  |
| 0,83               | 1890                                  |
| 0,83               | 840                                   |
| 0,85               | 1074                                  |
| 0,75               | 1074                                  |
| 0,71               | 872                                   |
| 0,71               | 400                                   |
| 0,69               | 420                                   |
| 0,75               | 500                                   |
| 0,82               | 612                                   |
| 0,81               | 736                                   |
| 0,82               | 1952                                  |
| 0,77               | 1188                                  |
| 0,88               | 1512                                  |
| 0,93               | 2164                                  |
| 0,78               | 876                                   |
| 0,82               | 1012                                  |
| 0,92               | 712                                   |
| 0,75               | 1165                                  |
| 0,81               | 2252                                  |

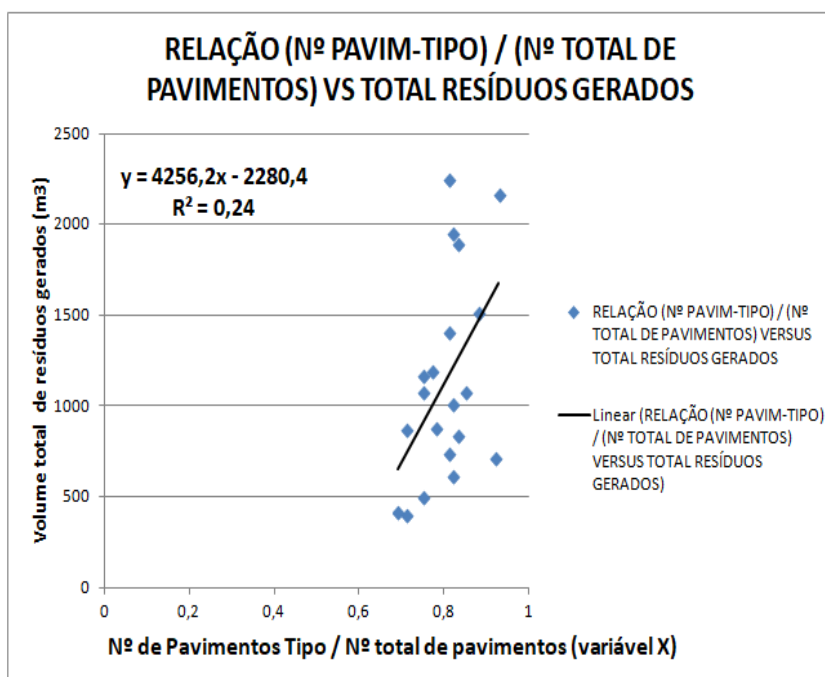


Figura 656 – Dispersão da relação [(nº de pavimentos tipo) / nº total de pavimentos] - (variável X), versus o Volume total de resíduos gerados (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

Também aqui se observa que o volume total de resíduos gerados aumenta conforme aumenta o valor da relação (nº de pavimentos tipo / nº total de pavimentos).



Já de posse da equação de regressão (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a) ) agora para esta nova situação, poderíamos também aproveitar o Excel para montar um modelo de previsão para o volume de resíduos gerados qualquer que seja/fosse o valor da relação (nº de pavimentos tipo / nº total de pavimentos), conforme a figura 640, exemplificando especificamente para um valor dessa relação igual a 0,9.

| MODELO DE PREVISÃO       |         |
|--------------------------|---------|
| Coefic. A                | -2280,4 |
| Coefic. B                | 4256,2  |
| R-Quadrado               | 0,24    |
| Relação Tipo / Total (X) | 0,9     |
| Vol. Resíd. Gerados (Y)  | 1550,18 |

Figura 657 – Modelo de previsão do volume total de resíduos gerados em função do valor da relação (nº de pavimentos tipo / nº total de pavimentos) - (o pesquisador, 2019)

Embora o índice de geração de resíduos de construção (RCC/RCD) por m<sup>2</sup> de construção não seja a variável dependente Y considerada no modelo matemático empírico que se pretende definir, seria interessante verificar qual a relação entre essa variável e a variável X (nº de pavimentos tipo / nº total de pavimentos), visto que a consideração como variável dependente Y desse tipo de índice acaba colocando na mesma condição todo o tipo de edifícios, independentemente da altura que eles tenham. E a melhor forma de verificar isso seria usar como variável independente (Y) os dados da última coluna da figura 626 anterior [Geração de resíduos/área construída (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)] e como variável independente o nº total de pavimentos de cada edifício, e se chegaria ao gráfico que consta na figura 641.

| Nº Pavimentos | Geração de resíduo/área total construída (m3/m2) |
|---------------|--|
| 21            | 0,18   |
| 23            | 0,13   |
| 18            | 0,09   |
| 20            | 0,08   |
| 12            | 0,19   |
| 7             | 0,20   |
| 7             | 0,20   |
| 13            | 0,06   |
| 12            | 0,05   |
| 17            | 0,08   |
| 16            | 0,11   |
| 17            | 0,08   |
| 13            | 0,08   |
| 17            | 0,07   |
| 15            | 0,10   |
| 23            | 0,06   |
| 11            | 0,37   |
| 13            | 0,09   |
| 12            | 0,05   |
| 16            | 0,29   |

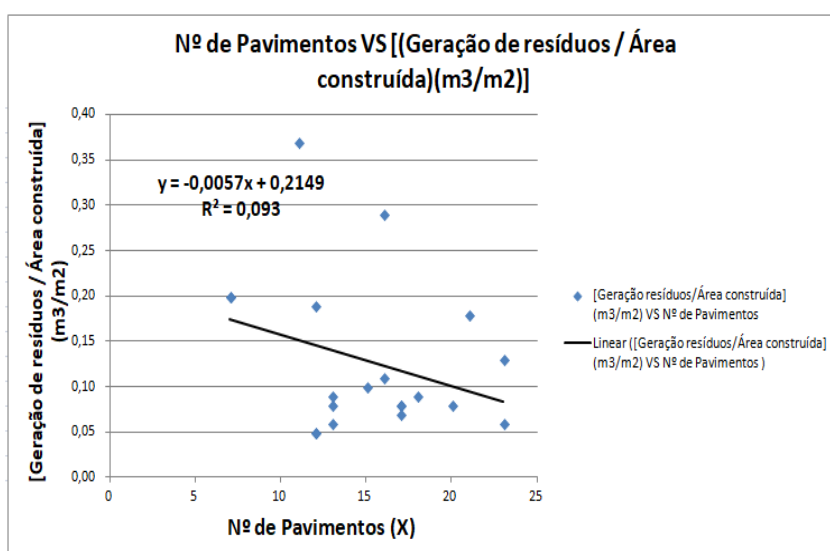


Figura 658 – Dispersão da variável independente Nº de Pavimentos - ( variável X ) versus a relação [Geração de resíduos / Área Construída ] - (variável dependente Y) - (o pesquisador, 2019)

O gráfico da figura 641 permite observar um decréscimo da geração de resíduos por unidade de área construída conforme o nº de pavimentos vai aumentando, o que indicia que a prática de repetição de pavimentos idênticos proporciona uma redução de resíduos por unidade de área que se construa.

Uma vez mais e já tendo a equação de regressão linear (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a) ) novamente para esta última situação, poderíamos também aproveitar o Excel para montar um modelo de previsão para o volume de resíduos gerados por unidade de área construída, qualquer que seja/fosse o valor do nº de pavimentos, conforme a figura 642, onde se exemplifica especificamente para um nº de pavimentos igual a 17.

| MODELO DE PREVISÃO                 |         |
|------------------------------------|---------|
| Coefic. A                          | 0,2149  |
| Coefic. B                          | -0,0057 |
| R-Quadrado                         | 0,093   |
| Nº Pavimentos (X)                  | 17      |
| Resid. Gerados/Área construída (Y) | 0,118   |

Figura 659 – Modelo de previsão dos resíduos gerados por unidade de área construída, em função do nº de pavimentos - (o pesquisador, 2019)

De modo equivalente, se passaria à construção do gráfico de dispersão que relaciona a variável independente X, Índice econômico de Compacidade, com a variável dependente Y, Volume Total de Resíduos Gerados, usando os dados da 8ª coluna (contando da esquerda para a direita), e da última das colunas da figura 636. E se chegaria ao que consta a seguir na figura 643.

| IeC   | Volume total de resíduos gerados (m3) |
|-------|---------------------------------------|
| 62,83 | 1410                                  |
| 43,12 | 1890                                  |
| 44,23 | 840                                   |
| 56,31 | 1074                                  |
| 62,09 | 1074                                  |
| 59,23 | 872                                   |
| 59,35 | 400                                   |
| 55,47 | 420                                   |
| 59,27 | 500                                   |
| 60,58 | 612                                   |
| 66,82 | 736                                   |
| 51,77 | 1952                                  |
| 60,17 | 1188                                  |
| 58,31 | 1512                                  |
| 55,69 | 2164                                  |
| 51,93 | 876                                   |
| 57,91 | 1012                                  |
| 41,05 | 712                                   |
| 61,74 | 1165                                  |
| 72,27 | 2252                                  |

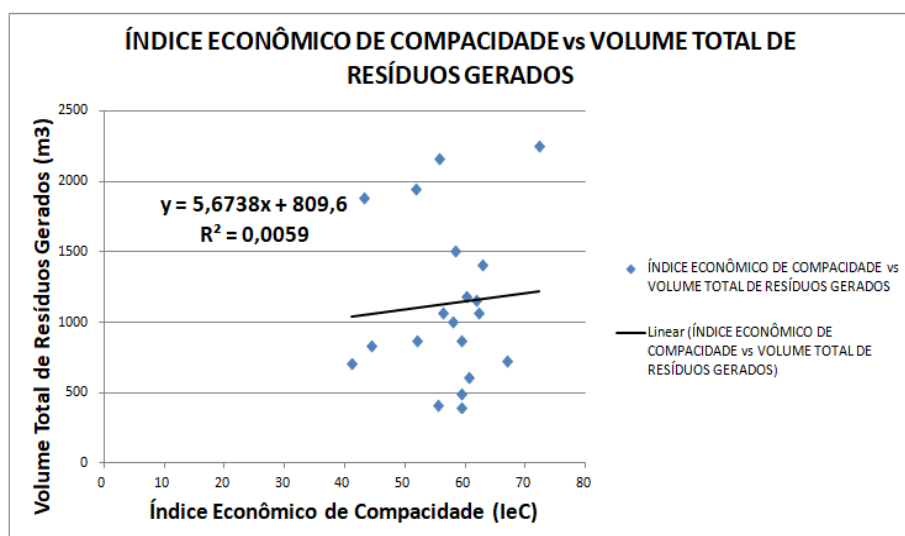


Figura 660 – Dispersão do Índice Econômico de Compacidade ( variável X ) versus o Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

O gráfico da figura 643 permite observar um ligeiro aumento do Volume de Resíduos Gerado (variável dependente Y) como consequência do aumento de valor do Índice Econômico de Compacidade (variável independente X).

Uma vez mais e já com a equação de regressão linear definida (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a) ) agora relativamente ao gráfico da figura 643, se poderia também usar o EXCEL para montar um modelo de previsão para o volume total de resíduos gerados, qualquer que seja/fosse o valor do Índice Econômico de Compacidade, conforme a figura 644, onde se exemplifica especificamente para um valor de Índice Econômico de Compacidade igual a 59.

| MODELO DE PREVISÃO                       |           |
|--|-----------|
| Coefic. A                                | 809,6     |
| Coefic. B                                | 5,6738    |
| R-Quadrado                               | 0,0059    |
| Índice Econômico de Compacidade, leC (X) | 59        |
| Volume Total de Resíduos Gerados (Y)     | 1144,3542 |

Figura 661 – Modelo de previsão do Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y), em função do valor do Índice Econômico de Compacidade, leC (variável X) - (o pesquisador, 2019)

Em seguida, se procederia de modo semelhante para construção do gráfico de dispersão que relaciona a variável independente X, Densidade de Paredes Internas, com a variável dependente Y, Volume Total de Resíduos Gerados, usando os dados das últimas duas colunas, à direita, na figura 636. E se chegaria ao que consta a seguir na figura 645.

| Densidade de Paredes | Volume total de resíduos gerados (m3) |
|----------------------|---------------------------------------|
| 0,52                 | 1410                                  |
| 0,54                 | 1890                                  |
| 0,52                 | 840                                   |
| 0,58                 | 1074                                  |
| 0,48                 | 1074                                  |
| 0,46                 | 872                                   |
| 0,47                 | 400                                   |
| 0,47                 | 420                                   |
| 0,44                 | 500                                   |
| 0,39                 | 612                                   |
| 0,47                 | 736                                   |
| 0,28                 | 1952                                  |
| 0,20                 | 1188                                  |
| 0,20                 | 1512                                  |
| 0,26                 | 2164                                  |
| 0,25                 | 876                                   |
| 0,43                 | 1012                                  |
| 0,48                 | 712                                   |
| 0,52                 | 1165                                  |
| 0,42                 | 2252                                  |

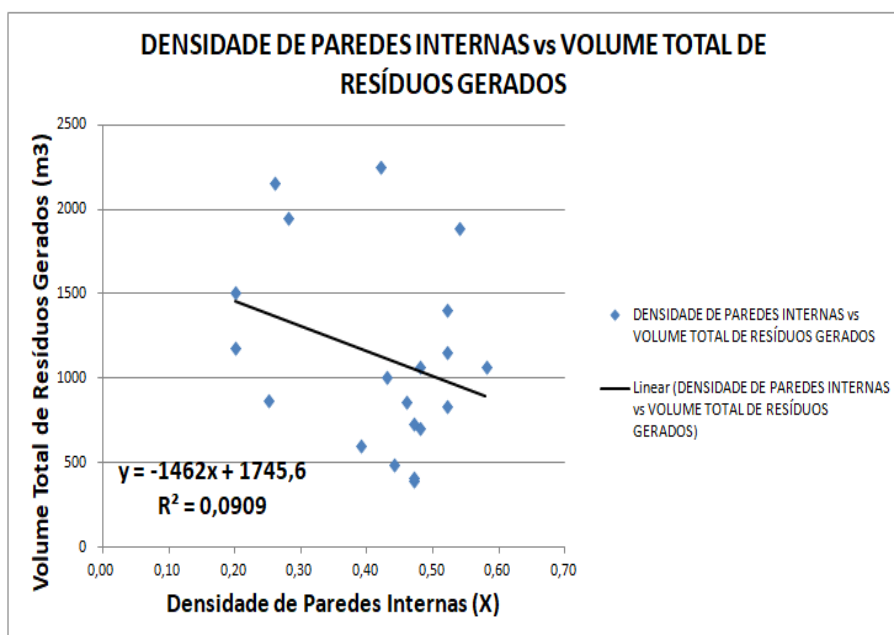


Figura 662 – Dispersão da Densidade de Paredes Internas ( variável X ) versus o Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

O gráfico da figura 645 permite observar algo aparentemente não muito lógico, que é o decréscimo do volume total de resíduos gerados com o aumento de densidade de paredes internas. Efetivamente, se a densidade de paredes internas aumenta significaria que aumentariam os trabalhos de execução de paredes de alvenaria e rebocos interiores, o que nos levaria a pensar que fosse lógico que o volume total de resíduos gerados aumentasse, em vez de diminuir. Deverá tentar-se encontrar uma outra justificação para tal fato.

De novo, e agora já com a equação de regressão linear da figura 645 (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a) ), se poderia também usar o EXCEL para montar um modelo de previsão para o volume total de resíduos gerados, qualquer que seja/fosse o valor da Densidade de Paredes Internas, conforme a figura 646, onde se exemplifica especificamente para um valor de Densidade de Paredes Internas igual a 0,5.

| MODELO DE PREVISÃO                   |        |
|--------------------------------------|--------|
| Coefic. A                            | 1745,6 |
| Coefic. B                            | -1462  |
| R-Quadrado                           | 0,0909 |
| Densidade de Paredes Internas (X)    | 0,5    |
| Volume Total de Resíduos Gerados (Y) | 1014,6 |

Figura 663 – Modelo de previsão do Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y), em função do valor de Densidade de Paredes Internas (variável X) - (o pesquisador, 2019)

Uma vez mais e de modo idêntico, se passaria à construção do gráfico de dispersão que relacionasse uma outra variável independente, no caso a variável independente X Área Total Construída, com a variável dependente Y, Volume Total de Resíduos Gerados, usando os dados da 4ª coluna (contando da esquerda para a direita), e da última das colunas da figura 636. E se chegaria ao que consta a seguir na figura 647.

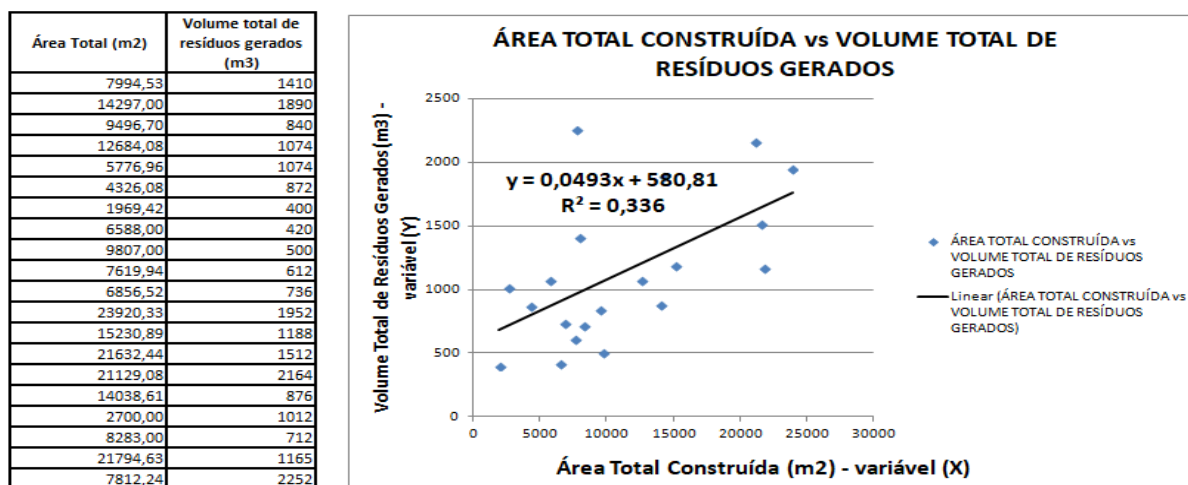


Figura 664 – Dispersão da Área Total Construída ( variável X ) versus o Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

O gráfico da figura 647 permite observar que existe um aumento do volume total de resíduos gerados, conforme a área total construída vai aumentando, o que é perfeitamente expectável e lógico.

De novo, e agora já com a equação de regressão linear definida (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a) ) agora em relação ao gráfico da figura 647 se poderia também usar o EXCEL para montar um modelo de previsão para o volume total de resíduos gerados, qualquer que seja/fosse o valor da Área Total Construída, conforme a figura 648, onde se exemplifica especificamente para um valor de área total construída de 10.000m<sup>2</sup>.

| MODELO DE PREVISÃO                   |         |
|--------------------------------------|---------|
| Coefic. A                            | 580,81  |
| Coefic. B                            | 0,0493  |
| R-Quadrado                           | 0,336   |
| Área Total Construída (m2) - (X)     | 10000   |
| Volume Total de Resíduos Gerados (Y) | 1073,81 |

Figura 665 – Modelo de previsão do Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y), em função do valor da Área Total Construída (variável X) - (o pesquisador, 2019)

No que diz respeito à construção do gráfico de dispersão que relacionasse a variável independente X Área do Pavimento-Tipo com a variável dependente Y Volume Total de Resíduos Gerados, usando os dados da 5ª coluna (contando da esquerda para a direita), e da última das colunas da figura 636, se chegaria ao que consta a seguir na figura 649.

| Área do Tipo (m2) | Volume total de resíduos gerados (m3) |
|-------------------|---------------------------------------|
| 321,90            | 1410                                  |
| 509,23            | 1890                                  |
| 369,63            | 840                                   |
| 429,04            | 1074                                  |
| 360,65            | 1074                                  |
| 564,95            | 872                                   |
| 282,33            | 400                                   |
| 423,00            | 420                                   |
| 674,40            | 500                                   |
| 346,80            | 612                                   |
| 399,77            | 736                                   |
| 605,84            | 1952                                  |
| 532,00            | 1188                                  |
| 531,48            | 1512                                  |
| 696,57            | 2164                                  |
| 546,83            | 876                                   |
| 230,51            | 1012                                  |
| 506,00            | 712                                   |
| 419,20            | 1165                                  |
| 427,21            | 2252                                  |

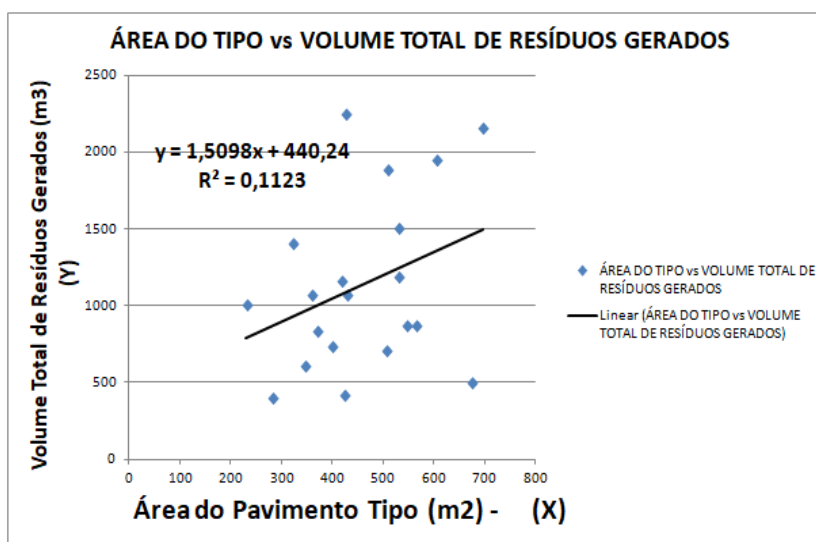


Figura 666 – Dispersão da Área do Pavimento-Tipo ( variável X ) versus o Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

Também neste caso o gráfico da figura 649 permite observar que existe um aumento do volume total de resíduos gerados, conforme a área do pavimento-tipo vai aumentando, o que uma vez mais é perfeitamente expectável / lógico.

Com a equação de regressão linear definida na figura 649 (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a)), se poderia usar o EXCEL para montar um modelo de previsão para o volume total de resíduos gerados, qualquer que seja/fosse o valor da Área do Pavimento-Tipo, conforme a figura 650, onde se exemplifica especificamente para um valor de área do pavimento-tipo de 480m<sup>2</sup>.

| MODELO DE PREVISÃO                             |          |
|--|----------|
| Coefic. A                                      | 440,24   |
| Coefic. B                                      | 1,5098   |
| R-Quadrado                                     | 0,1123   |
| Área do Pavimento-Tipo (m <sup>2</sup> ) - (X) | 480      |
| Volume Total de Resíduos Gerados (Y)           | 1164,944 |

Figura 667 – Modelo de previsão do Volume Total de Resíduos Gerados (variável Y), em função do valor da Área do Pavimento-Tipo (variável X) - (o pesquisador, 2019)

Havia-se visto que como alternativa interessante à variável dependente Volume total de Resíduos Gerado poderia se usar o Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída, pois esta última coloca em pé de igualdade qualquer edifício, independentemente da sua altura (do seu nº de pavimentos), em termos de geração de resíduos.

Então seria de interesse obter a dispersão da Área Total Construída versus esse Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída, partindo dos dados da última coluna (da esquerda para a direita) dos dados da figura 626. E se chegaria à figura 651.

| Área Total (m <sup>2</sup> ) | Geração de resíduo/área total construída (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------|--|
| 7994,53                      | 0,18   |
| 14297,00                     | 0,13   |
| 9496,70                      | 0,09   |
| 12684,08                     | 0,08   |
| 5776,96                      | 0,19   |
| 4326,08                      | 0,20   |
| 1969,42                      | 0,20   |
| 6588,00                      | 0,06   |
| 9807,00                      | 0,05   |
| 7619,94                      | 0,08   |
| 6856,52                      | 0,11   |
| 23920,33                     | 0,08   |
| 15230,89                     | 0,08   |
| 21632,44                     | 0,07   |
| 21129,08                     | 0,10   |
| 14038,61                     | 0,06   |
| 2700,00                      | 0,37   |
| 8283,00                      | 0,09   |
| 21794,63                     | 0,05   |
| 7812,24                      | 0,29   |

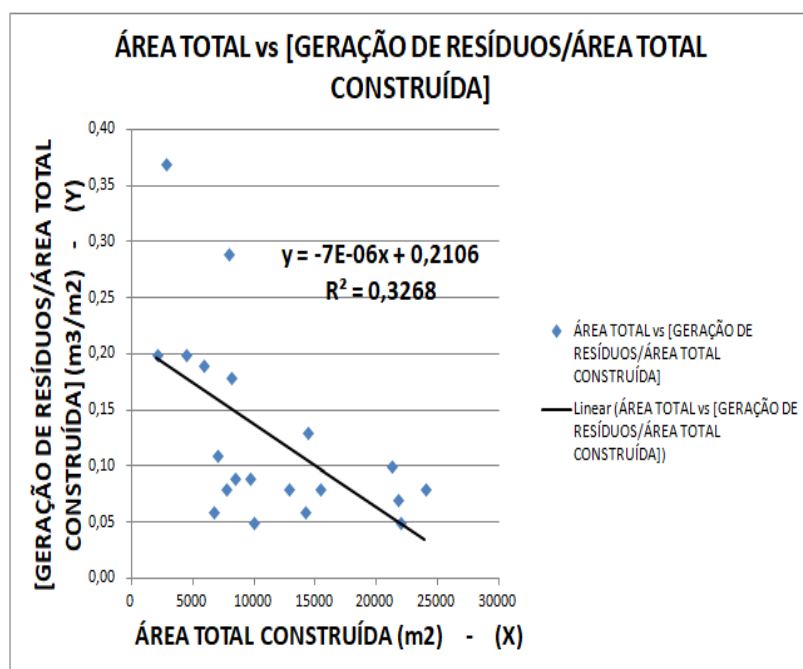


Figura 668 – Dispersão da Área Total Construída ( variável X ) versus o Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

Da figura 651 observa-se que existe uma queda do Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída conforme aumenta a Área Total Construída, o que eventualmente pode ser explicado pela repetição de pavimentos-tipo que ocorre em obras verticais, com o correspondente aprimoramento obtido na execução repetida de plantas.

Com a equação de regressão linear da figura figura 651 (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a)), pode-se usar o EXCEL para montar um modelo de previsão para o valor do Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída, qualquer que seja o valor de Área Total Construída do edifício, conforme a figura 652, onde se exemplifica para uma Área Total Construída de 10.000m<sup>2</sup>.

| MODELO DE PREVISÃO                            |           |
|---|-----------|
| Coefic. A                                     | 0,2106    |
| Coefic. B                                     | -0,000007 |
| R-Quadrado                                    | 0,3268    |
| Área Total Construída (m <sup>2</sup> ) - (X) | 10000     |
| Volume Total de Resíduos Gerados (Y)          | 0,1406    |

Figura 669 – Modelo de previsão do Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída (variável Y), em função do valor da Área Total Construída (variável X) - (o pesquisador, 2019)

De modo semelhante se pode construir o gráfico de dispersão que relacionasse a variável Nº de Pavimentos-tipo (variável X) com o Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída (variável dependente Y), e se chegaria à figura 653.

| Nº Tipos | Geração de resíduo/área total construída (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) |
|----------|--|
| 17       | 0,18   |
| 19       | 0,13   |
| 15       | 0,09   |
| 17       | 0,08   |
| 9        | 0,19   |
| 5        | 0,20   |
| 5        | 0,20   |
| 9        | 0,06   |
| 9        | 0,05   |
| 14       | 0,08   |
| 13       | 0,11   |
| 14       | 0,08   |
| 10       | 0,08   |
| 15       | 0,07   |
| 14       | 0,10   |
| 18       | 0,06   |
| 9        | 0,37   |
| 12       | 0,09   |
| 9        | 0,05   |
| 13       | 0,29   |

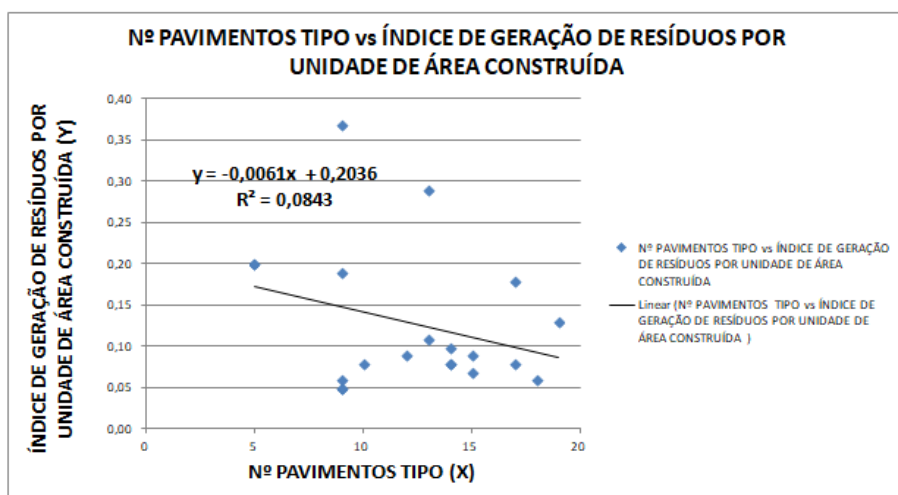


Figura 670 – Dispersão do Nº de Pavimentos-Tipo ( variável X ) versus o Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída (variável Y) - (o pesquisador, 2019)

Da figura 670 observa-se também uma queda do Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída conforme aumenta o Nº de Pavimentos-Tipo, o que pode ser explicados pelas mesmas razões anteriores (repetição de pavimentos-tipo que ocorre, leva ao aprimoramento obtido na execução repetida de plantas).



Com a equação de regressão linear da figura 670 (ou seja, sabendo os coeficientes do declive (b) e da ordenada na origem (a)), pode-se usar o EXCEL para montar um modelo de previsão para o valor do Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída, qualquer que seja o valor do N° de Pavimentos-Tipo, conforme a figura 671, onde se exemplifica para um N° de Pavimentos-tipo igual a 15.

| MODELO DE PREVISÃO                 |         |
|------------------------------------|---------|
| Coefic. A                          | 0,2036  |
| Coefic. B                          | -0,0061 |
| R-Quadrado                         | 0,0843  |
| Nº de Pavimentos-Tipo - (X)        | 15      |
| Resíd. Gerados/Área construída (Y) | 0,1121  |

Figura 671 – Modelo de previsão do Índice de Geração de Resíduos por Unidade de Área Construída (variável Y), em função do valor do N° de Pavimentos-Tipo (variável X) - (o pesquisador, 2019)

**Importante:** os gráficos anteriores mostram que as variáveis independentes quando analisadas de maneira isolada em relação à variável dependente têm um baixo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o que reforça a necessidade de análise da influência das variáveis independentes em conjunto, sobre a variável dependente (variável de resposta).

Outra verificação importante na análise de relação entre as variáveis consiste na **análise de correlação; esta permite verificar o grau de correlação e sua direção, positiva. Avaliar a correlação entre as variáveis independentes é conveniente, pois permite verificar a existência de multicolinearidade, que seriam duas variáveis que explicam o mesmo fenômeno, podendo ocasionar um erro-padrão elevado na regressão.**

#### 6.2.4.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO

**Numa regressão linear simples tem-se** uma variável que funciona como variável independente (X) e uma outra variável que depende dela e que é a variável dependente (Y). **Já numa regressão linear múltipla tem-se** todo um conjunto de várias variáveis que funcionam como variáveis independentes (várias variáveis  $X_i$ ) influenciando/determinando os valores de uma única variável dependente (Y).

A regressão linear, seja simples ou múltipla, nada mais é que uma extensão de uma correlação. Só que numa correlação eu estou apenas investigando se duas variáveis estão ou não relacionadas; na regressão linear (simples ou múltipla) se pretende mais que isso, se pretende saber se uma variável (regressão linear simples) ou um conjunto de variáveis (regressão linear múltipla) conseguem prever uma outra (variável dependente Y). E então, através das ditas regressões lineares, se consegue extrair um modelo matemático que consiga estabelecer essa relação de previsão. Quando se trabalha



com regressão se têm variáveis dependentes, também chamadas de variáveis de saída, e variáveis independentes, também chamadas de variáveis de entrada ou previsoras ou explicativas,

A análise de regressão foi executada testando diversas combinações de variáveis. Para os testes foi adotado o nível de significância de  $\sigma = 0,05$ .

**MODELO 1:** Inclui todas as variáveis independentes ( $X_i$ ) coletadas para o estudo (Área total, N° de Pavimentos, relação entre o n° de pavimentos-tipo e o n° total de pavimentos (tipo/total), área do pavimento-tipo, Índice Econômico de Compacidade, IeC, densidade de paredes internas, Organização do Canteiro, Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos).

Pode-se então mostrar uma regressão linear múltipla recorrendo ao EXCEL, recorrendo aos procedimentos anteriormente descritos, e partindo de todas essas variáveis independentes  $X_i$ , e tendo como base os dados que constam na figura 672, a seguir.

**Importante:** no estudo de dias apresentam-se apenas os gráficos de regressão múltipla finais e respectivas conclusões. Neste caso o pesquisador fez o recálculo das regressões a partir dos dados iniciais da figura 672.

| Y                                | X1                           | X2               | X3                 | X4                             | X5    | X6                            | X7                      | X8                                   | X9                |
|----------------------------------|------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|-------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Volume total de resíduos gerados | Área total (m <sup>2</sup> ) | Nº de pavimentos | Relação Tipo/Total | Área do Tipo (m <sup>2</sup> ) | IeC   | Densidade de paredes internas | Organização do canteiro | Reaproveitamento de resíduos em obra | Sistema produtivo |
| 1410                             | 7994,53                      | 17               | 0,81               | 321,90                         | 62,83 | 0,52                          | 4                       | 0                                    | 2                 |
| 1890                             | 14297,00                     | 19               | 0,83               | 509,23                         | 43,12 | 0,54                          | 4                       | 0                                    | 2                 |
| 840                              | 9496,70                      | 15               | 0,83               | 369,63                         | 44,23 | 0,52                          | 3                       | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 12684,08                     | 17               | 0,85               | 429,04                         | 56,31 | 0,58                          | 3                       | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 5776,96                      | 9                | 0,75               | 360,65                         | 62,09 | 0,48                          | 2                       | 0                                    | 1                 |
| 872                              | 4326,08                      | 5                | 0,71               | 564,95                         | 59,23 | 0,46                          | 5                       | 0                                    | 1                 |
| 400                              | 1969,42                      | 5                | 0,71               | 282,33                         | 59,35 | 0,47                          | 5                       | 0                                    | 2                 |
| 420                              | 6588,00                      | 9                | 0,69               | 423,00                         | 55,47 | 0,47                          | 4                       | 0                                    | 1                 |
| 500                              | 9807,00                      | 9                | 0,75               | 674,40                         | 59,27 | 0,44                          | 4                       | 0                                    | 1                 |
| 612                              | 7619,94                      | 14               | 0,82               | 346,80                         | 60,58 | 0,39                          | 3                       | 1                                    | 1                 |
| 736                              | 6856,52                      | 13               | 0,81               | 399,77                         | 66,82 | 0,47                          | 3                       | 1                                    | 1                 |
| 1952                             | 23920,33                     | 14               | 0,82               | 605,84                         | 51,77 | 0,28                          | 4                       | 1                                    | 3                 |
| 1188                             | 15230,89                     | 10               | 0,77               | 532,00                         | 60,17 | 0,20                          | 4                       | 1                                    | 3                 |
| 1512                             | 21632,44                     | 15               | 0,88               | 531,48                         | 58,31 | 0,20                          | 3                       | 1                                    | 3                 |
| 2164                             | 21129,08                     | 14               | 0,93               | 696,57                         | 55,69 | 0,26                          | 4                       | 1                                    | 3                 |
| 876                              | 14038,61                     | 18               | 0,78               | 546,83                         | 51,93 | 0,25                          | 4                       | 1                                    | 3                 |
| 1012                             | 2700,00                      | 9                | 0,82               | 230,51                         | 57,91 | 0,43                          | 4                       | 0                                    | 1                 |
| 712                              | 8283,00                      | 12               | 0,92               | 506,00                         | 41,05 | 0,48                          | 3                       | 1                                    | 2                 |
| 1165                             | 21794,63                     | 9                | 0,75               | 419,20                         | 61,74 | 0,52                          | 3                       | 0                                    | 2                 |
| 2252                             | 7812,24                      | 13               | 0,81               | 427,21                         | 72,27 | 0,42                          | 3                       | 0                                    | 2                 |

Figura 672 – Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes  $X_i$ ) para a regressão linear correspondente ao Modelo 1 (o pesquisador, 2019)

Executando a sequência de procedimentos em EXCEL anteriormente descrita para uma regressão linear múltipla que inclua todas as variáveis independentes consideradas no estudo, o que corresponde ao Modelo 1, o programa fornece o conjunto de resumo de resultados que se apresenta na figura 673.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão |             |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo               | 0,870775837 |
| Quadrado de R            | 0,758250558 |
| Quadrado de R aj         | 0,540676061 |
| Erro-padrão              | 383,3091512 |
| Observações              | 20          |

| ANOVA     |    |             |             |             |                    |
|-----------|----|-------------|-------------|-------------|--------------------|
|           | gl | SQ          | MQ          | F           | F de significância |
| Regressão | 9  | 4608351,896 | 512039,0995 | 3,485015784 | 0,032373294        |
| Residual  | 10 | 1469259,054 | 146925,9054 |             |                    |
| Total     | 19 | 6077610,95  |             |             |                    |

|                                | Coefficientes | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|--------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                    | -4883,890235  | 2385,411626 | -2,04739936  | 0,067802791 | -10198,91853 | 431,1380634  | -10198,91853   | 431,1380634    |
| Área total (m <sup>2</sup> )   | 0,018206214   | 0,025951964 | 0,701535122  | 0,498969801 | -0,039618364 | 0,076030793  | -0,039618364   | 0,076030793    |
| Nº de pavimento:               | 33,15552231   | 31,02606643 | 1,068634414  | 0,310351458 | -35,97486144 | 102,285906   | -35,97486144   | 102,285906     |
| Relação Tipo/Tot               | 4828,885799   | 2051,482263 | 2,353852084  | 0,040374493 | 257,8984843  | 9399,873113  | 257,8984843    | 9399,873113    |
| Área do Tipo (m <sup>2</sup> ) | 0,564876972   | 1,045777194 | 0,540150402  | 0,60091489  | -1,765259814 | 2,895013757  | -1,765259814   | 2,895013757    |
| IeC                            | 22,52703238   | 14,44599828 | 1,559396031  | 0,149962363 | -9,660657512 | 54,71472227  | -9,660657512   | 54,71472227    |
| Densidade de pa                | -280,0853949  | 1284,352906 | -0,218075105 | 0,831756345 | -3141,801992 | 2581,631202  | -3141,801992   | 2581,631202    |
| Organização do c               | -11,23044944  | 163,6264865 | -0,068634667 | 0,946633438 | -375,8129797 | 353,3520809  | -375,8129797   | 353,3520809    |
| Reaproveitament                | -730,048536   | 271,7249855 | -2,686718465 | 0,022827928 | -1335,489531 | -124,6075413 | -1335,489531   | -124,6075413   |
| Sistema produtiv               | 269,4198771   | 230,6009818 | 1,168337945  | 0,269769241 | -244,3911275 | 783,2308818  | -244,3911275   | 783,2308818    |

Figura 673 – Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em Excel referente ao Modelo 1, que inclui todas as variáveis independentes consideradas no estudo (o pesquisador, 2019)

**Nota Importante:** o **F de significância** da figura 673 corresponde ao **p-valor**, no estudo de Dias, M.F. (2013)

Assim, Dias, M.F. (2013) chega, para este Modelo 1 à síntese de resultados que consta na figura 674, enquanto os recálculos feitos pelo pesquisador conduzem de uma forma equivalente aos resultados que constam na figura 675.

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------|---------|
| 1      | 0,745          | 0,515                   | 393,75375                 | 3,244 | 0,04    |

Figura 674 – Resumo-síntese de resultados apresentado por Dias, M.F., para a regressão linear múltipla correspondente ao Modelo 1 (Dias, M.F., 2013)

| MODELO | R2    | R2 ajustado | Erro-padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|-------|-------------|---------------------------|-------|---------|
| 1      | 0,758 | 0,541       | 383,30915                 | 3,485 | 0,03    |

Figura 675 – Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em Excel feita pelo pesquisador para o modelo 1 (o pesquisador, 2019)

Veja-se que os resultados não são muito diferentes, donde, as conclusões a partir dos resultados obtidos pelos recálculos do pesquisador podem se considerar válidas.

Assim, a figura 675 apresenta um valor de  $R^2$  para a regressão múltipla, de 0,758, valor esse que indica uma elevada explicação da variável dependente pelo Modelo 1; porém, o valor de  $R^2_{ajustado}$ , que pondera o  $R^2$  de acordo com o número de variáveis independentes usadas no modelo em relação ao nº total de elementos disponíveis na amostra, penalizando a inclusão de regressores (variáveis previsoras) pouco explicativos (as), se observa que  $R^2$  cai de 0,758 para  $R^2_{ajustado}$  de 0,515, uma queda relativa de 32%, o que pode ser justificado por uma grande quantidade de variáveis independentes usadas no Modelo 1 e incluídas nos testes estatísticos, para um nº de elementos da amostra relativamente pequeno.

Segundo Batalha (2011), e na regressão, a estatística F (valor de F) pode ser utilizada com a finalidade de testar todas as variáveis do modelo de regressão como um grupo, ou seja, testar a adequação do modelo, onde o pressuposto é que:

$$\left. \begin{array}{l} H_0: \text{Todos os } \beta \text{ são iguais a zero;} \\ H_1: \beta \neq 0 \end{array} \right\}$$

Observa-se que a 1ª das hipóteses, a hipótese nula, é a de que nenhum  $\beta$  possui uma relação significativa com a variável dependente (Y), e a hipótese alternativa é de que existe pelo menos um  $\beta$  diferente de 0, ou seja, pelo menos uma variável X independente possui relação linear significativa com Y (volume de resíduos gerados).

Os resultados calculados pelo excel e apresentados na figura 673, foram produzidos tomando em consideração (valor estipulado numa das caixas de diálogo) um nível de significância de  $\bar{d} = 0,05$  (95% de certeza nos resultados). E, essa figura 673 apresenta um F de significância (que é equivalente ao p-valor) em torno de 0,03, que é menor que os 0,05 tomados como máximo admissível (95% de certeza), o que sugere um grau de certeza nos resultados em torno de 97%.

Por outro lado, se fizermos:

**% de explicação da variável dependente = (SQ regressão / [SQ regressão + SQ residual])**, resulta dos valores da figura 673 que % de explicação da variável dependente do modelo 1 =  $[4608351,896] / [4608351,896 + 1469259,054] = 75,825\%$ .

Quer a autora quer o pesquisador, nos seus recálculos, chegaram então, para este modelo 1, que considera TODAS as variáveis independentes, aos valores dos coeficientes que constam na figura 676.

|                              | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro padrão | p-valor |
|------------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| Constante                    | -5230,155                | 2434,436    | 0,057   |
| Nº de pavimentos             | 19,270                   | 24,918      | 0,457   |
| Tipo/total                   | 5332,146                 | 2032,855    | 0,025   |
| Área total                   | 0,020                    | 0,027       | 0,477   |
| <b>Modelo 1</b>              |                          |             |         |
| Área do pavimento tipo       | 0,547                    | 1,079       | 0,623   |
| IeC                          | 21,731                   | 14,857      | 0,174   |
| Densidade de paredes         | -144,173                 | 1292,666    | 0,913   |
| Organização do canteiro      | -11,486                  | 169,383     | 0,947   |
| Sistema produtivo            | 285,209                  | 236,041     | 0,255   |
| Reaproveitamento de resíduos | -731,688                 | 279,350     | 0,026   |

Figura 676 – Coeficientes do modelo 1 (Fonte: Dias, M.F., 2013)

Pode-se verificar que apenas duas variáveis se mostraram significativas no modelo (apenas duas variáveis apresentaram p-valor < 0,05, que foi o valor estipulado para significância ( $\bar{\alpha}$  = 0,05), e que foram as variáveis Tipo/total (p-valor = 0,025) e Reaproveitamento de resíduos (p-valor = 0,026); por outro lado, as variáveis que apresentaram os maiores valores (ou seja, menor nível de significância) para esse p-valor foram Organização do canteiro (com um p-valor aproximadamente igual a 0,947) e Densidade de Paredes (com um p-valor aproximado de 0,913). Dessa forma, serão estas duas últimas variáveis independentes que serão excluídas do modelo, para se chegar ao **Modelo 2**.

**MODELO 2:** Inclui todas as variáveis independentes ( $X_i$ ) coletadas para o estudo, excepto as variáveis Densidade de Paredes Internas e Organização do canteiro.

De novo pode-se montar uma regressão linear múltipla para o modelo através do EXCEL, e de forma semelhante ao efetuado para o modelo 1. A tabela de dados de partida será então agora a que consta na figura 677.

| Y                                | X1                           | X2               | X3                 | X4                             | X5    | X6                                   | X7                |
|----------------------------------|------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------------|-------------------|
| Volume total de resíduos gerados | Área total (m <sup>2</sup> ) | Nº de pavimentos | Relação Tipo/Total | Área do Tipo (m <sup>2</sup> ) | IeC   | Reaproveitamento de resíduos em obra | Sistema produtivo |
| 1410                             | 7994,53                      | 17               | 0,81               | 321,90                         | 62,83 | 0                                    | 2                 |
| 1890                             | 14297,00                     | 19               | 0,83               | 509,23                         | 43,12 | 0                                    | 2                 |
| 840                              | 9496,70                      | 15               | 0,83               | 369,63                         | 44,23 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 12684,08                     | 17               | 0,85               | 429,04                         | 56,31 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 5776,96                      | 9                | 0,75               | 360,65                         | 62,09 | 0                                    | 1                 |
| 872                              | 4326,08                      | 5                | 0,71               | 564,95                         | 59,23 | 0                                    | 1                 |
| 400                              | 1969,42                      | 5                | 0,71               | 282,33                         | 59,35 | 0                                    | 2                 |
| 420                              | 6588,00                      | 9                | 0,69               | 423,00                         | 55,47 | 0                                    | 1                 |
| 500                              | 9807,00                      | 9                | 0,75               | 674,40                         | 59,27 | 0                                    | 1                 |
| 612                              | 7619,94                      | 14               | 0,82               | 346,80                         | 60,58 | 1                                    | 1                 |
| 736                              | 6856,52                      | 13               | 0,81               | 399,77                         | 66,82 | 1                                    | 1                 |
| 1952                             | 23920,33                     | 14               | 0,82               | 605,84                         | 51,77 | 1                                    | 3                 |
| 1188                             | 15230,89                     | 10               | 0,77               | 532,00                         | 60,17 | 1                                    | 3                 |
| 1512                             | 21632,44                     | 15               | 0,88               | 531,48                         | 58,31 | 1                                    | 3                 |
| 2164                             | 21129,08                     | 14               | 0,93               | 696,57                         | 55,69 | 1                                    | 3                 |
| 876                              | 14038,61                     | 18               | 0,78               | 546,83                         | 51,93 | 1                                    | 3                 |
| 1012                             | 2700,00                      | 9                | 0,82               | 230,51                         | 57,91 | 0                                    | 1                 |
| 712                              | 8283,00                      | 12               | 0,92               | 506,00                         | 41,05 | 1                                    | 2                 |
| 1165                             | 21794,63                     | 9                | 0,75               | 419,20                         | 61,74 | 0                                    | 2                 |
| 2252                             | 7812,24                      | 13               | 0,81               | 427,21                         | 72,27 | 0                                    | 2                 |

Figura 677 – Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes  $X_i$ ) para a regressão linear correspondente ao Modelo 2 (o pesquisador, 2019)

De novo, e a partir da tabela de dados da figura 677, a com o bloco de Análise de Dados ativo no Excel, começa por se clicar no separado/aba “Dados”, de seguida em Análise de “Dados”, depois, e na caixa de diálogo que se abre seleciona-se “Regressão” e prime-se o botão “OK”. Em seguida, e na caixa de diálogo “Regressão” que se abre, nos respectivos campos “Intervalo Y” e “Intervalo X”, seleciona-se os endereços das células pretendidos, incluindo o endereço dos títulos das colunas, ativa-se o visto em “Rótulos”, ativa-se a opção “Intervalo de Saída”, seleciona-se uma célula vazia da planilha onde se pretenda que os resultados da análise de regressão sejam colocados, e prime-se “OK” para fechar a caixa de diálogo. E os resultados da regressão já estarão disponíveis no Excel, que, no caso, serão aqueles que se apresentam na figura 678.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| <i>Estatística de regressão</i> |         |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo                      | 0,87009 |
| Quadrado de R                   | 0,75706 |
| Quadrado de R ajustado          | 0,61535 |
| Erro-padrão                     | 350,769 |
| Observações                     | 20      |

| ANOVA     |           |             |             |             |                           |
|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i>   | <i>MQ</i>   | <i>F</i>    | <i>F de significância</i> |
| Regressão | 7         | 4601141,682 | 657305,9546 | 5,342252376 | 0,00573233                |
| Residual  | 12        | 1476469,268 | 123039,1057 |             |                           |
| Total     | 19        | 6077610,95  |             |             |                           |

|                                      | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                          | -5187,1              | 1619,879499        | -3,202148924  | 0,007602161    | -8716,509625        | -1657,681164        | -8716,509625          | -1657,681164          |
| Área total (m <sup>2</sup> )         | 0,01849              | 0,021424167        | 0,863265843   | 0,404915159    | -0,028184499        | 0,065174002         | -0,028184499          | 0,065174002           |
| Nº de pavimentos                     | 31,566               | 27,13422146        | 1,163329166   | 0,267306941    | -27,55435855        | 90,68642099         | -27,55435855          | 90,68642099           |
| Relação Tipo/Total                   | 4839,19              | 1797,576432        | 2,692062984   | 0,019594942    | 922,6063857         | 8755,771563         | 922,6063857           | 8755,771563           |
| Área do Tipo (m <sup>2</sup> )       | 0,61394              | 0,842869463        | 0,728387515   | 0,480349753    | -1,222519204        | 2,45039039          | -1,222519204          | 2,45039039            |
| leC                                  | 23,9977              | 11,61638646        | 2,065845387   | 0,061135724    | -1,312273437        | 49,3075902          | -1,312273437          | 49,3075902            |
| Reaproveitamento de resíduos em obra | -701,257             | 214,5682063        | -3,268223401  | 0,006725328    | -1168,760793        | -233,7528727        | -1168,760793          | -233,7528727          |
| Sistema produtivo                    | 286,648              | 164,5825697        | 1,741665858   | 0,107115236    | -71,94677146        | 645,2424565         | -71,94677146          | 645,2424565           |

Figura 678 – Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em Excel referente ao Modelo 2 (o pesquisador, 2019)

Dos valores que constam nessa figura 678 pode-se verificar que apenas duas variáveis se mostraram significativas no modelo (apenas duas variáveis apresentaram p-valor (ou valor P, no caso da figura) < 0,05, que foi o valor estipulado para significância ( $\alpha = 0,05$ ), e que foram as variáveis Tipo/total (p-valor = Valor P, aproximadamente = 0,02) e Reaproveitamento de resíduos (p-valor = Valor P, aproximadamente igual a 0,007); por outro lado, as variáveis que apresentaram os maiores valores (ou seja, menor nível de significância) para esse p-valor foram Área do Pavimento-tipo (com um p-valor aproximadamente igual a 0,480) e Área Total Construída (com um p-valor aproximado de

0,405). Dessa forma, serão estas duas últimas variáveis independentes que serão excluídas do modelo, para se chegar ao **Modelo 3**.

Os resultados/valores calculados pelo excel e apresentados na figura 678, uma vez mais foram produzidos tomando em consideração um nível de significância de  $\bar{d} = 0,05$  (95% de certeza nos resultados). E, essa figura 678 apresenta um F de significância (que é equivalente ao p-valor do modelo) em torno de 0,006, bem menor que os 0,05 tomados como máximo admissível (95% de certeza), e que sugere um grau de certeza nos resultados superior a 99%.

**Por outro lado, se fizermos: % de explicação da variável dependente = (SQ regressão / [SQ regressão + SQ residual])**, resulta dos valores da figura 661 que % de explicação da variável dependente do modelo 2 =  $[4601141,682] / [4601141,682 + 1476469,268] = 75,71\%$ . Ou seja, os resultados sugerem que a % de explicação da variável dependente se manteve praticamente igual, com um modelo que usa 2 variáveis independentes a menos.

Neste modelo 2, e partindo do sumário de resultados fornecidos pela ANOVA, temos já algumas ligeiras diferenças de valores entre os obtidos pela autora, e pelo pesquisador, embora não significativos. Esses valores apresentam-se na forma de tabelas-síntese nas figuras 679 e 680.

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------|---------|
| 2      | 0,745          | 0,595                   | 359,71858                 | 4,996 | 0,007   |

Figura 679 – Resumo-síntese de resultados apresentado pela autora, para a regressão linear múltipla correspondente ao Modelo 2 (Dias, M.F.,

2013)

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro-padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------|---------|
| 2      | 0,757          | 0,757                   | 350,76931                 | 5,342 | 0,01    |

Figura 680 – Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em Excel feita pelo pesquisador para o Modelo 2 (o pesquisador, 2019)

Veja-se que uma vez mais os resultados obtidos por Dias, M.F., (2013) e pelos recálculos em Excel do pesquisador não são tão diferentes assim, donde, as conclusões a partir dos resultados obtidos pelos recálculos do pesquisador podem se considerar válidas.

Assim, a figura 680 apresenta um valor de R<sup>2</sup> para a regressão múltipla, de 0,757, valor esse que indica uma elevada explicação da variável dependente pelo Modelo 2, e praticamente idêntica à do modelo 1; e, o valor de R<sup>2</sup><sub>ajustado</sub>, que pondera o R<sup>2</sup> de acordo com o número de variáveis independentes usadas no modelo em relação ao n<sup>o</sup> total de

elementos disponíveis na amostra, penalizando a inclusão de regressores (variáveis predictoras) pouco explicativos (as), mantém-se ao mesmo nível do R<sup>2</sup>, o que sugere que o modelo não tenha variáveis “variáveis predictoras supérfluas”, tendo em conta o n<sup>o</sup> de elementos da amostra.

Então, tomando-se em consideração que R<sup>2</sup> do modelo 1 é praticamente idêntico ao do modelo 2, que a percentagem da variável dependente Y explicada pelos dois modelos também é semelhante, e que o R<sup>2</sup> ajustado do modelo 2 é superior ao do modelo 1, pode-se considerar que o modelo 2 é mais vantajoso que o anterior.

A autora chega à tabela de coeficientes para o modelo 2 que consta na figura 681, enquanto que a tabela equivalente obtida pelos recálculos do pesquisador é a da figura 682.

|                 |                              | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro padrão | p-valor |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| <b>Modelo 2</b> | Constante                    | -5419,036                | 1659,421    | 0,007   |
|                 | Nº de pavimentos             | 19,092                   | 22,084      | 0,404   |
|                 | Tipo/total                   | 5343,127                 | 1755,822    | 0,010   |
|                 | Área total                   | 0,020                    | 0,022       | 0,378   |
|                 | Área do pavimento tipo       | 0,561                    | 0,870       | 0,531   |
|                 | IeC                          | 22,631                   | 11,814      | 0,080   |
|                 | Sistema produtivo            | 290,388                  | 168,586     | 0,111   |
|                 | Reaproveitamento de resíduos | -714,909                 | 222,627     | 0,007   |

Figura 681 – Coeficientes do modelo 2 obtidos pela autora (Fonte: Dias, M.F., 2013)

|                 |                              | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro-padrão | p-valor |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| <b>MODELO 2</b> | Constante                    | -5187,095                | 1619,879    | 0,008   |
|                 | Nº de Pavimentos             | 31,566                   | 27,134      | 0,267   |
|                 | Tipo/Total                   | 4839,189                 | 1797,576    | 0,020   |
|                 | Área Total                   | 0,018                    | 0,021       | 0,405   |
|                 | Área do Pavimento-tipo       | 0,614                    | 0,843       | 0,480   |
|                 | IeC                          | 23,998                   | 11,616      | 0,061   |
|                 | Sistema Produtivo            | 286,648                  | 164,583     | 0,107   |
|                 | Reaproveitamento de resíduos | -701,257                 | 214,568     | 0,007   |

Figura 682 - Coeficientes do modelo 2 obtidos por recálculos (Fonte: o pesquisador, 2019)

Para passarmos ao **MODELO 3**, eliminamos as duas variáveis do modelo 2 que obtiveram os maiores valores de p-valor, e que foram Área do Pavimento-tipo e Área Total Construída.

Desse modo, o Modelo 3 conta como variáveis independentes X as seguintes: Nº de pavimentos, relação Nº de pavimentos tipo/Nº total de pavimentos, Índice Econômico de Compacidade (IeC), Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos.

Novamente se montará um regressão linear múltipla para esse modelo recorrendo ao Excel, e procedendo do mesmo modo que o indicado para os modelos 1 e 2. A tabela de dados de partida é a que consta na figura 683.



| Y                                | X1               | X2                 | X3    | X4                                   | X5                |
|----------------------------------|------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|-------------------|
| Volume total de resíduos gerados | Nº de pavimentos | Relação Tipo/Total | IeC   | Reaproveitamento de resíduos em obra | Sistema produtivo |
| 1410                             | 17               | 0,81               | 62,83 | 0                                    | 2                 |
| 1890                             | 19               | 0,83               | 43,12 | 0                                    | 2                 |
| 840                              | 15               | 0,83               | 44,23 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 17               | 0,85               | 56,31 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 9                | 0,75               | 62,09 | 0                                    | 1                 |
| 872                              | 5                | 0,71               | 59,23 | 0                                    | 1                 |
| 400                              | 5                | 0,71               | 59,35 | 0                                    | 2                 |
| 420                              | 9                | 0,69               | 55,47 | 0                                    | 1                 |
| 500                              | 9                | 0,75               | 59,27 | 0                                    | 1                 |
| 612                              | 14               | 0,82               | 60,58 | 1                                    | 1                 |
| 736                              | 13               | 0,81               | 66,82 | 1                                    | 1                 |
| 1952                             | 14               | 0,82               | 51,77 | 1                                    | 3                 |
| 1188                             | 10               | 0,77               | 60,17 | 1                                    | 3                 |
| 1512                             | 15               | 0,88               | 58,31 | 1                                    | 3                 |
| 2164                             | 14               | 0,93               | 55,69 | 1                                    | 3                 |
| 876                              | 18               | 0,78               | 51,93 | 1                                    | 3                 |
| 1012                             | 9                | 0,82               | 57,91 | 0                                    | 1                 |
| 712                              | 12               | 0,92               | 41,05 | 1                                    | 2                 |
| 1165                             | 9                | 0,75               | 61,74 | 0                                    | 2                 |
| 2252                             | 13               | 0,81               | 72,27 | 0                                    | 2                 |

Figura 683 – Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes X<sub>i</sub>) para a regressão linear correspondente ao Modelo 3 (o pesquisador, 2019)

Procedendo através do Excel de forma semelhante às descritas para os modelos 1 e 2 se chegaria à tabela resumo de resultados que consta na figura 684.

SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão |             |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo               | 0,840160651 |
| Quadrado de R            | 0,705869919 |
| Quadrado de R ajustado   | 0,600823461 |
| Erro-padrão              | 357,3321985 |
| Observações              | 20          |

| ANOVA     |    |             |             |             |                    |
|-----------|----|-------------|-------------|-------------|--------------------|
|           | gl | SQ          | MQ          | F           | F de significância |
| Regressão | 5  | 4290002,749 | 858000,5497 | 6,719597553 | 0,002171671        |
| Residual  | 14 | 1787608,201 | 127686,3001 |             |                    |
| Total     | 19 | 6077610,95  |             |             |                    |

|                                   | Coefficientes | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|-----------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                       | -5047,219096  | 1575,844224 | -3,202866767 | 0,006384039 | -8427,0688   | -1667,369392 | -8427,0688     | -1667,369392   |
| Nº de pavimentos                  | 30,99846493   | 26,88807162 | 1,152870513  | 0,268268448 | -26,67071296 | 88,66764282  | -26,67071296   | 88,66764282    |
| Relação Tipo/Total                | 4976,259729   | 1828,737153 | 2,721145421  | 0,016556264 | 1054,00864   | 8898,510818  | 1054,00864     | 8898,510818    |
| IeC                               | 23,2202592    | 11,60622989 | 2,000672002  | 0,065208016 | -1,672628095 | 48,11314649  | -1,672628095   | 48,11314649    |
| Reaproveitamento de resíduos em o | -677,6339022  | 217,6857672 | -3,112899437 | 0,007634241 | -1144,523436 | -210,7443679 | -1144,523436   | -210,7443679   |
| Sistema produtivo                 | 433,2248997   | 127,1495459 | 3,407207604  | 0,004251498 | 160,5162471  | 705,9335524  | 160,5162471    | 705,9335524    |

Figura 684 – Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em Excel referente ao Modelo 3 (o pesquisador, 2019)

Uma vez mais os resultados apresentados na figura 684, foram produzidos tomando em consideração um nível de significância de  $\bar{d} = 0,05$  (95% de certeza nos resultados). E, essa figura 684 apresenta um F de significância (que é equivalente ao p-valor) em torno de 0,002, que é bem menor que os 0,05 tomados como máximo admissível (95% de certeza), o que sugere um grau de certeza nos resultados em torno de de quase 100%.



Por outro lado, se fizermos: **% de explicação da variável dependente = (SQ regressão / [SQ regressão + SQ residual])**, resulta dos valores da figura 667 que % de explicação da variável dependente do modelo 3 =  $[4290002,749896] / [4290002,749896 + 1787608, 201] = 70,587\%$ .

Assim, a figura 684 apresenta um valor aproximado de  $R^2$  para a regressão múltipla, de 0,706, valor esse que indica uma elevada explicação da variável dependente pelo Modelo 1; porém, o valor de  $R^2_{ajustado}$ , que pondera o  $R^2$  de acordo com o número de variáveis independentes usadas no modelo em relação ao nº total de elementos disponíveis na amostra, penalizando a inclusão de regressores (variáveis predictoras) pouco explicativos (as) ou pela falta de algum regressor importante, se observa que  $R^2$  cai de 0,706 para  $R^2_{ajustado}$  de 0,601, uma queda relativa de 14,9%, o que pode ser justificado pela falta de algum regressor importante no modelo, para um nº de elementos da amostra também relativamente pequeno.

Dias, M.F. (2013) chega, para este Modelo 3 à síntese de resultados que consta na figura 685, enquanto os recálculos feitos pelo pesquisador conduzem de uma forma equivalente aos resultados que constam na figura 686.

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------|---------|
| 3      | 0,724          | 0,626                   | 345,93143                 | 7,357 | 0,001   |

Figura 685 – Resumo-síntese de resultados apresentado pela autora, para a regressão linear múltipla correspondente ao Modelo 3 (Dias, M.F., 2013)

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro-padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------|---------|
| 3      | 0,706          | 0,601                   | 357,332                   | 6,720 | 0,002   |

Figura 686 – Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em Excel, para o Modelo 3 (o pesquisador, 2019)

Comparando o presente Modelo 3 com o modelo anterior (Modelo 2), verifica-se que o  $R^2$  de 0,706 obtido para o modelo 3 é ligeiramente inferior aos 0,757 obtidos para o modelo 2; por outro lado, o  $R^2_{ajustado}$  para o modelo 3 vem igual a 0,601 contra os 0,757 do modelo 2, o que representa uma queda relativa de 20,6%, o que já não é assim tão desprezável; quanto ao F de significância, para o modelo 3 temos um valor de 0,002 enquanto que para o modelo 2 o valor é de 0,006, ou seja, o valor de significância do modelo 3 é ligeiramente melhor que o do modelo 2. Considerando esses 3 resultados comparativos no seu conjunto pode-se dizer que o modelo 2 é mais vantajoso que o modelo 3.

**Existe no entanto aqui uma questão importante, que nos obriga a fazer os recálculos para um outro modelo 3 alternativo e que é a seguinte:** não se percebe a razão, mas, à autora o p-valor da variável N<sup>o</sup> de pavimentos resultou maior que o p-valor da variável Área Total Construída, de modo que o Modelo 3 dela resulta de, a partir do modelo 2, eliminar as variáveis N<sup>o</sup> de pavimentos e Área do Pavimento-tipo, o que difere das variáveis eliminadas nos recálculos do pesquisador (Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo).

Isso leva a que se façam os recálculos também para um outro modelo correspondente ao modelo 3 da autora. Elimine-se as variáveis que ela eliminou também. E se chegará a um “modelo 3 alternativo” em que as variáveis independentes a serem consideradas serão: Relação N<sup>o</sup> de pavimentos-tipo/N<sup>o</sup> total de pavimentos, Área Total Construída, Índice Econômico de Compacidade (IeC), Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos, de acordo com a tabela de dados de partida da figura 687.

| Y                                | X1                           | X2                 | X3    | X4                                   | X5                |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|-------------------|
| Volume total de resíduos gerados | Área total (m <sup>2</sup> ) | Relação Tipo/Total | IeC   | Reaproveitamento de resíduos em obra | Sistema produtivo |
| 1410                             | 7994,53                      | 0,81               | 62,83 | 0                                    | 2                 |
| 1890                             | 14297,00                     | 0,83               | 43,12 | 0                                    | 2                 |
| 840                              | 9496,70                      | 0,83               | 44,23 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 12684,08                     | 0,85               | 56,31 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 5776,96                      | 0,75               | 62,09 | 0                                    | 1                 |
| 872                              | 4326,08                      | 0,71               | 59,23 | 0                                    | 1                 |
| 400                              | 1969,42                      | 0,71               | 59,35 | 0                                    | 2                 |
| 420                              | 6588,00                      | 0,69               | 55,47 | 0                                    | 1                 |
| 500                              | 9807,00                      | 0,75               | 59,27 | 0                                    | 1                 |
| 612                              | 7619,94                      | 0,82               | 60,58 | 1                                    | 1                 |
| 736                              | 6856,52                      | 0,81               | 66,82 | 1                                    | 1                 |
| 1952                             | 23920,33                     | 0,82               | 51,77 | 1                                    | 3                 |
| 1188                             | 15230,89                     | 0,77               | 60,17 | 1                                    | 3                 |
| 1512                             | 21632,44                     | 0,88               | 58,31 | 1                                    | 3                 |
| 2164                             | 21129,08                     | 0,93               | 55,69 | 1                                    | 3                 |
| 876                              | 14038,61                     | 0,78               | 51,93 | 1                                    | 3                 |
| 1012                             | 2700,00                      | 0,82               | 57,91 | 0                                    | 1                 |
| 712                              | 8283,00                      | 0,92               | 41,05 | 1                                    | 2                 |
| 1165                             | 21794,63                     | 0,75               | 61,74 | 0                                    | 2                 |
| 2252                             | 7812,24                      | 0,81               | 72,27 | 0                                    | 2                 |

Figura 687 – Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes X<sub>i</sub>) para a regressão linear correspondente ao Modelo 3 segundo as variáveis eliminadas pela autora (o pesquisador, 2019)

Procedendo através do Excel de forma semelhante à já aplicada em modelos anteriores, se chegaria à tabela resumo de resultados que consta na figura 688.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| <i>Estatística de regressão</i> |             |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo                      | 0,851318959 |
| Quadrado de R                   | 0,724743969 |
| Quadrado de R ajustado          | 0,626438244 |
| Erro-padrão                     | 345,6772924 |
| Observações                     | 20          |

## ANOVA

|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i>   | <i>MQ</i>   | <i>F</i>    | <i>F de significância</i> |
|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Regressão | 5         | 4404711,883 | 880942,3766 | 7,372347511 | 0,001410764               |
| Residual  | 14        | 1672899,067 | 119492,7905 |             |                           |
| Total     | 19        | 6077610,95  |             |             |                           |

|                                      | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                          | -5114,408169         | 1509,849074        | -3,387363849  | 0,004422677    | -8352,712353        | -1876,103985        | -8352,712353          | -1876,103985          |
| Área total (m <sup>2</sup> )         | 0,028116829          | 0,018224617        | 1,542793984   | 0,145177898    | -0,010971086        | 0,067204744         | -0,010971086          | 0,067204744           |
| Relação Tipo/Total                   | 5612,500317          | 1612,759187        | 3,48006098    | 0,003678121    | 2153,475892         | 9071,524742         | 2153,475892           | 9071,524742           |
| IeC                                  | 21,09443039          | 11,17275269        | 1,888024462   | 0,079924414    | -2,868740782        | 45,05760155         | -2,868740782          | 45,05760155           |
| Reaproveitamento de resíduos em obra | -673,48907           | 210,2459265        | -3,203339447  | 0,00637804     | -1124,421733        | -222,5564069        | -1124,421733          | -222,5564069          |
| Sistema produtivo                    | 297,6834703          | 161,3587788        | 1,844854508   | 0,086316924    | -48,39668927        | 643,76363           | -48,39668927          | 643,76363             |

Figura 688 – Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em Excel referente ao Modelo 3 segundo as variáveis eliminadas pela autora (o pesquisador, 2019)

Dos valores que constam nessa figura 688 pode-se verificar que apenas duas variáveis se mostraram significativas no modelo (apenas duas variáveis apresentaram p-valor (ou valor P, no caso da figura) < 0,05, que foi o valor estipulado para significância ( $\bar{d}$  = 0,05), e que foram as variáveis Relação Tipo/total (p-valor = Valor P, aproximadamente = 0,004) e Reaproveitamento de resíduos (p-valor = Valor P, aproximadamente igual a 0,006); por outro lado, as variáveis que apresentaram os maiores valores (ou seja, menor nível de significância) para esse p-valor foram Área Total (com um p-valor aproximadamente igual a 0,1451) e Sistema Produtivo (com um p-valor aproximado de 0,0863), que já são valores não tão altos assim. Eventualmente uma retirada dessas duas variáveis de forma a passar-se para um modelo 4 poderá já não ser vantajosa. No entanto só as análises subsequentes o poderão confirmar ou não.

De novo os resultados apresentados na figura 688, foram produzidos tomando em consideração um nível de significância de  $\bar{d}$  = 0,05 (95% de certeza nos resultados). E, essa figura 688 apresenta um F de significância (que é equivalente ao p-valor) em torno de 0,001, que é bem menor que os 0,05 tomados como máximo admissível (95% de certeza), o que sugere um grau de certeza nos resultados em torno de de quase 100%.

Por outro lado, se fizermos: **% de explicação da variável dependente = (SQ regressão / [SQ regressão + SQ residual])**, resulta dos valores da figura 684 que % de

explicação da variável dependente do modelo 3 =  $[4404711,883] / [4404711,883 + 1672899,067] = 72,474\%$ .

A figura 688 apresenta um valor aproximado de  $R^2$  para a regressão múltipla, de 0,725, valor esse que indica uma elevada explicação da variável dependente pelo Modelo 1; porém, o valor de  $R^2_{ajustado}$ , que pondera o  $R^2$  de acordo com o número de variáveis independentes usadas no modelo em relação ao nº total de elementos disponíveis na amostra, penalizando a inclusão de regressores (variáveis previsoras) pouco explicativos (as) ou pela falta de algum regressor importante, se observa que  $R^2$  cai de 0,725 para  $R^2_{ajustado}$  de 0,626, uma queda relativa de 13,66%, o que pode ser justificado pela falta de algum regressor importante no modelo, para um nº de elementos da amostra também relativamente pequeno.

Os valores da tabela-síntese de resultados a que se chegou por recálculos são muito próximos aos apresentados por Dias, M.F. (2013) para o seu modelo 3, e são os que constam na figura 689.

| Modelo              | $R^2$ | $R^2$ ajustado | Erro-padrão da estimativa | F     | p-valor |
|---------------------|-------|----------------|---------------------------|-------|---------|
| 3 idêntico à autora | 0,725 | 0,626          | 345,677                   | 7,372 | 0,001   |

Figura 689– Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em Excel feita pelo pesquisador e equivalente ao modelo 3 da autora (o pesquisador, 2019)

Tomando-se em consideração que  $R^2$  do modelo 3 recalculado e idêntico ao da autora (0,725) é apenas ligeiramente inferior (em 3,2%) ao do modelo 2, que a percentagem da variável dependente Y explicada por este modelo recalculado à imagem do modelo 3 da autora (72,47%) também é apenas ligeiramente inferior (em 3,24%) ao do modelo 2, e que o p-valor deste modelo recalculado à imagem do modelo 3 da autora é de ligeiramente inferior (0,001 contra 0,007) ao p-valor do modelo 2, e sobretudo considerando que se estão obtendo resultados tão parecidos com um modelo que incorpora menos duas variáveis independentes em relação ao modelo 2, pode-se considerar que o modelo 3 da autora é mais vantajoso que o modelo 2.

Chegados ao modelo 3, já estamos apenas com 5 variáveis independentes, e com valores não significativos da ordem dos 14,5% e 8,6%. Este 8,6% já não é muito distante dos 5% máximos admitidos de incerteza no modelo. Donde, e levando tudo isso em consideração, eventualmente será aconselhável retirar a penas a variável não significativa de p-valor mais alto (Área Total Construída), para se testar um Modelo 4.

Existem outros estudos realizados em que se optou que também optaram por manter variáveis não significativas (como são neste caso as variáveis leC e Sistema Produtivo) ao

nível de  $\alpha = 0,05$ , conforme o caso de Kruger et al (2012), que manteve variável cujo p-valor era de 0,1145 (mais alto que os p-valores de IeC e Sistema Construtivo, aqui), por ela ser de influência notória sobre a variável dependente do estudo. É o que se fará então na passagem do modelo 3 para o modelo 4, no presente estudo.

Entretanto a autora chegou a uma tabela de coeficientes para o modelo 3 que é a da figura 690

|                 |                              | Coeficiente ( $\beta$ ) | Erro padrão | p-valor |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|-------------|---------|
| <b>Modelo 3</b> | Constante                    | -5144,247               | 1519,607    | 0,004   |
|                 | Tipo/total                   | 5661,252                | 1629,274    | 0,004   |
|                 | Área total                   | 0,029                   | 0,018       | 0,137   |
|                 | IeC                          | 20,880                  | 11,169      | 0,083   |
|                 | Sistema produtivo            | 295,135                 | 161,519     | 0,089   |
|                 | Reaproveitamento de resíduos | -689,030                | 212,550     | 0,006   |

Figura 690 – Coeficientes do modelo 3 obtidos pela autora (Fonte: Dias, M.F., 2013)

Entretanto e pelos recálculos efetuados chegou-se aos valores da figura 691.

|   |                              | Coeficiente ( $\beta$ ) | Erro-padrão | p-valor |
|---|------------------------------|-------------------------|-------------|---------|
| <b>MODELO 3<br/>IDÊNTICO À<br/>AUTORA E POR<br/>RECÁLCULO</b> | Constante                    | -5114,408               | 1509,849    | 0,004   |
|   | Tipo/Total                   | 5612,500                | 1612,759    | 0,004   |
|   | Área Total                   | 0,028                   | 0,018       | 0,145   |
|   | IeC                          | 21,094                  | 11,173      | 0,080   |
|   | Sistema Produtivo            | 297,683                 | 161,359     | 0,086   |
|   | Reaproveitamento de resíduos | -673,489                | 210,246     | 0,006   |

Figura 691 – Coeficientes do modelo 3 equivalente ao da autora, obtidos por recálculo (Fonte: o pesquisador, 201)

MODELO 4: corresponde a retirar ao Modelo 3 de Dias, M.F. (2013) a variável independente com o p-valor mais elevado, no caso Área Total Construída (p-valor = 0,145).

De novo pode-se recorrer ao Excel para fazer regressão linear múltipla, partindo dos dados que constam na figura 692.

| Y                                | X1                 | X2    | X3                                   | X4                |
|----------------------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|-------------------|
| Volume total de resíduos gerados | Relação Tipo/Total | IeC   | Reaproveitamento de resíduos em obra | Sistema produtivo |
| 1410                             | 0,81               | 62,83 | 0                                    | 2                 |
| 1890                             | 0,83               | 43,12 | 0                                    | 2                 |
| 840                              | 0,83               | 44,23 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 0,85               | 56,31 | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 0,75               | 62,09 | 0                                    | 1                 |
| 872                              | 0,71               | 59,23 | 0                                    | 1                 |
| 400                              | 0,71               | 59,35 | 0                                    | 2                 |
| 420                              | 0,69               | 55,47 | 0                                    | 1                 |
| 500                              | 0,75               | 59,27 | 0                                    | 1                 |
| 612                              | 0,82               | 60,58 | 1                                    | 1                 |
| 736                              | 0,81               | 66,82 | 1                                    | 1                 |
| 1952                             | 0,82               | 51,77 | 1                                    | 3                 |
| 1188                             | 0,77               | 60,17 | 1                                    | 3                 |
| 1512                             | 0,88               | 58,31 | 1                                    | 3                 |
| 2164                             | 0,93               | 55,69 | 1                                    | 3                 |
| 876                              | 0,78               | 51,93 | 1                                    | 3                 |
| 1012                             | 0,82               | 57,91 | 0                                    | 1                 |
| 712                              | 0,92               | 41,05 | 1                                    | 2                 |
| 1165                             | 0,75               | 61,74 | 0                                    | 2                 |
| 2252                             | 0,81               | 72,27 | 0                                    | 2                 |

Figura 692 – Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes  $X_i$ ) para a regressão linear correspondente ao Modelo 4 (o pesquisador, 2019)

Uma vez mais procedendo de forma a efetuar a regressão linear múltipla através do Excel chega-se ao resumo de resultados que consta na figura 693.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão |         |
|--------------------------|---------|
| R múltiplo               | 0,82337 |
| Quadrado de R            | 0,67795 |
| Quadrado de R ajustado   | 0,59207 |
| Erro-padrão              | 361,231 |
| Observações              | 20      |

| ANOVA     |    |             |             |             |                    |
|-----------|----|-------------|-------------|-------------|--------------------|
|           | gl | SQ          | MQ          | F           | F de significância |
| Regressão | 4  | 4120293,557 | 1030073,389 | 7,894019074 | 0,001240779        |
| Residual  | 15 | 1957317,393 | 130487,8262 |             |                    |
| Total     | 19 | 6077610,95  |             |             |                    |

|                                      | Coefficiente. | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                          | -5363,18      | 1568,760877 | -3,418736421 | 0,003808507 | -8706,914586 | -2019,445302 | -8706,914586   | -2019,445302   |
| Relação Tipo/Total                   | 5864,36       | 1676,668946 | 3,497623507  | 0,003239289 | 2290,621474  | 9438,091969  | 2290,621474    | 9438,091969    |
| IeC                                  | 21,7926       | 11,66588779 | 1,86806245   | 0,081413564 | -3,072644187 | 46,65785806  | -3,072644187   | 46,65785806    |
| Reaproveitamento de resíduos em obra | -659,966      | 219,5148881 | -3,006474894 | 0,008855202 | -1127,850906 | -192,0810935 | -1127,850906   | -192,0810935   |
| Sistema produtivo                    | 463,509       | 125,7638151 | 3,685553916  | 0,002203332 | 195,4500959  | 731,5685465  | 195,4500959    | 731,5685465    |

Figura 693 – Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em Excel referente ao Modelo 4, obtido por recálculos (o pesquisador, 2019)

Dos valores que constam nessa figura 693 pode-se verificar que três variáveis são significativas (p-valor menor que 0,05, valor estipulado como limite máximo para a significância), e que são as variáveis Relação tipo/Total (p-valor = 0,003), Reaproveitamento dos Resíduos em Obra (p-valor = 0,009) e Sistema Produtivo (p-valor = 0,002); por outro

lado, a restante variável independente (IeC) se mostrou não significativa, com um p-valor superior a 5% (p-valor = 8,14%)

Ademais o valor de  $R^2$  caiu para 67,79%, bem como o  $R^2_{ajustado}$ , que baixou para 59,21%, que já é um valor relativamente baixo de explicação da variável dependente a partir do conjunto de todas as variáveis independentes. Quanto ao valor F de significância, continua igual a 0,001, que já era o valor obtido nos modelos anteriores.

Pelo atrás exposto considera-se que o Modelo 4 é pior que o modelo 3.

A autora, chegou, para este modelo 4 ao resumo-síntese que consta na figura 694.

| Modelo | $R^2$ | $R^2$ ajustado | Erro padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|-------|----------------|---------------------------|-------|---------|
| 4      | 0,675 | 0,589          | 362,67364                 | 7,802 | 0,001   |

Figura 694 – Resumo-síntese de resultados obtido pela autora para o Modelo 4 (Dias, M.F., 2013)

Esse mesmo resumo, com dados de recálculo feito pelo pesquisador se encontra na figura 695.

| Modelo | $R^2$ | $R^2$ ajustado | Erro-padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|-------|----------------|---------------------------|-------|---------|
| 4      | 0,678 | 0,592          | 361,231                   | 7,894 | 0,001   |

Figura 695– Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em Excel efetuada por recálculos, e para o Modelo 4 (o pesquisador, 2019)

Como se pode verificar, os resultados obtidos pela autora com recurso ao software estatístico da IBM eos resultados obtidos pelo Excel são muito semelhantes.

A autora chegou a um conjunto de coeficientes para o Modelo 4 que são os da figura 696.

|                              | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro padrão | p-valor |
|------------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| Constante                    | -5379,907                | 1585,430    | 0,004   |
| Tipo/total                   | 5896,790                 | 1700,935    | 0,003   |
| <b>Modelo 4</b>              |                          |             |         |
| IeC                          | 21,549                   | 11,702      | 0,085   |
| Sistema produtivo            | 464,951                  | 126,215     | 0,002   |
| Reaproveitamento de resíduos | -674,365                 | 222,624     | 0,008   |

Figura 696 – Coeficientes do Modelo 4 obtidos pela autora (Fonte: Dias, M.F., 2013)

Já os resultados equivalentes obtidos por recálculos feitos pelo pesquisador são os que constam na figura 697.



|          |                              | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro-padrão | p-valor |
|----------|------------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| MODELO 4 | Constante                    | -5363,180                | 1568,761    | 0,004   |
|          | Tipo/Total                   | 5864,357                 | 1676,669    | 0,003   |
|          | IeC                          | 21,793                   | 11,666      | 0,081   |
|          | Sistema Produtivo            | 463,509                  | 125,764     | 0,002   |
|          | Reaproveitamento de resíduos | -659,966                 | 219,515     | 0,009   |

Figura 697 – Coeficientes do Modelo 4 equivalente ao da autora, obtidos por recálculos (Fonte: o pesquisador, 2019)

Note-se uma vez mais a proximidade dos resultados sejam obtidos pelo software estatístico da IBM, sejam os obtidos pelo Excel.

Enfatizar de novo que a única variável não significativa deste Modelo 4 é o Índice Econômico de Compacidade (IeC). Dessa forma, e embora o modelo 4 já tenha dado indícios de que o nº de variáveis independentes começa a ser demasiado pequeno, com a retirada da variável área Construída, ainda assim a autora decidiu testar um Modelo 5, que resulta do Modelo 4, retirando-lhe precisamente a única variável não significativa do modelo, IeC.

MODELO 5: Os dados de partida para a regressão múltipla e agora para o MODELO 5 são então os que constam na figura 698.

| Y                                | X1                 | X3                                   | X4                |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Volume total de resíduos gerados | Relação Tipo/Total | Reaproveitamento de resíduos em obra | Sistema produtivo |
| 1410                             | 0,81               | 0                                    | 2                 |
| 1890                             | 0,83               | 0                                    | 2                 |
| 840                              | 0,83               | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 0,85               | 1                                    | 2                 |
| 1074                             | 0,75               | 0                                    | 1                 |
| 872                              | 0,71               | 0                                    | 1                 |
| 400                              | 0,71               | 0                                    | 2                 |
| 420                              | 0,69               | 0                                    | 1                 |
| 500                              | 0,75               | 0                                    | 1                 |
| 612                              | 0,82               | 1                                    | 1                 |
| 736                              | 0,81               | 1                                    | 1                 |
| 1952                             | 0,82               | 1                                    | 3                 |
| 1188                             | 0,77               | 1                                    | 3                 |
| 1512                             | 0,88               | 1                                    | 3                 |
| 2164                             | 0,93               | 1                                    | 3                 |
| 876                              | 0,78               | 1                                    | 3                 |
| 1012                             | 0,82               | 0                                    | 1                 |
| 712                              | 0,92               | 1                                    | 2                 |
| 1165                             | 0,75               | 0                                    | 2                 |
| 2252                             | 0,81               | 0                                    | 2                 |

Figura 698 – Dados de partida (variável dependente Y e variáveis independentes  $X_i$ ) para a regressão linear correspondente ao Modelo 5 (o pesquisador, 2019)

Procedendo de modo análogo aos modelos anteriores, para realizar regressão múltipla com uso do Excel, se chegaria ao sumário de resultados que conta na figura 699.



## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão |          |
|--------------------------|----------|
| R múltiplo               | 0,776545 |
| Quadrado de R            | 0,603022 |
| Quadrado de R ajustado   | 0,528589 |
| Erro-padrão              | 388,3197 |
| Observações              | 20       |

| ANOVA     |    |             |             |             |                    |
|-----------|----|-------------|-------------|-------------|--------------------|
|           | gl | SQ          | MQ          | F           | F de significância |
| Regressão | 3  | 3664935,759 | 1221645,253 | 8,101514916 | 0,001655683        |
| Residual  | 16 | 2412675,191 | 150792,1994 |             |                    |
| Total     | 19 | 6077610,95  |             |             |                    |

|                                      | Coefficiente: | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                          | -3562,01      | 1330,27566  | -2,677651222 | 0,016510046 | -6382,072647 | -741,9558446 | -6382,072647   | -741,9558446   |
| Relação Tipo/Total                   | 5235,071      | 1765,649624 | 2,964954758  | 0,009122064 | 1492,061284  | 8978,081224  | 1492,061284    | 8978,081224    |
| Reaproveitamento de resíduos em obra | -697,051      | 235,0093177 | -2,966058963 | 0,009101111 | -1195,248988 | -198,8539986 | -1195,248988   | -198,8539986   |
| Sistema produtivo                    | 444,7699      | 134,764084  | 3,30035946   | 0,004515882 | 159,0828256  | 730,4570133  | 159,0828256    | 730,4570133    |

Figura 699 – Sumário de resultados para a regressão linear múltipla em Excel referente ao Modelo 5, obtido por recálculos (o pesquisador, 2019)

Neste MODELO 5 todas as variáveis são significativas. Só que, verifica-se que os valores de  $R^2$  e de  $R^2_{ajustado}$  já são relativamente baixos e desceram com algum significado. Assim,  $R^2$  baixou para 0,6030 (60,30%) e o  $R^2_{ajustado}$  para 0,5286 (52,86%). Recordar que esse  $R^2_{ajustado}$  pondera o  $R^2$  de acordo com o nº de variáveis independentes usadas no modelo, penalizando a inclusão de regressores (variáveis previsoras) pouco explicativos (as), ou, pelo contrário, a falta/retirada de variáveis independentes previsoras significativas, necessárias para um grau de explicação relevante da variável dependente.

Em relação ao MODELO 4 o valor de  $R^2$  caiu cerca de 11,1%, relativamente a um valor que já não atingia os 70%, e o valor de  $R^2_{ajustado}$  caiu cerca de 12,33%, em relação a um valor do modelo 4 que já de si não era elevado.

Os valores da figura 699 foram todos calculados com um **nível de significância de  $\alpha = 0,05$  (95% de certeza nos resultados)**.

O MODELO 5 apresenta um F de significância (grosso modo equivalente ao p-valor) de 0,00166, bem menor que os 5% máximos admissíveis, e que sugere um grau de certeza nos resultados próximo dos 100%.

Por outro lado, se fizermos: **% de explicação da variável dependente = (SQ regressão / [SQ regressão + SQ residual])**, resulta dos valores da figura 682 que % de explicação da variável dependente do modelo 3 =  $[3664935,759] / [3664935,759 + 2412675,191] = 60,30\%$ , que já é um valor relativamente baixo.

A autora chegou, para este Modelo 5, ao resumo sintético de resultados que consta na figura 700.

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------|---------|
| 5      | 0,602          | 0,527                   | 388,83389                 | 8,066 | 0,002   |

Figura 700 – Resumo-síntese de resultados obtido pela autora para o Modelo 5 (Dias, M.F., 2013)

Já os recálculos efetuados pelo pesquisador conduzem ao resumo sintético de resultados da figura 701.

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro-padrão da estimativa | F     | p-valor |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------|---------|
| 5      | 0,603          | 0,529                   | 388,31971                 | 8,102 | 0,002   |

Figura 701– Resumo-síntese de resultados decorrentes da regressão múltipla em Excel efetuada por recálculos, e para o Modelo 5 (o pesquisador, 2019)

Uma vez mais se verifica que o resumo de resultados a que a autora chega, usando seu software estatístico da IBM, e o correspondente resumo obtido por recálculos pelo pesquisador são muito semelhantes

Quanto aos coeficientes da regressão para este Modelo 5 a autora chega aos resultados da figura 702, enquanto por recálculos em excel o pesquisador chega aos que constam na figura 703.

|                 |                              | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro padrão | p-valor |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| <b>Modelo 5</b> | Constante                    | -3603,583                | 1349,019    | 0,017   |
|                 | Tipo/total                   | 5282,018                 | 1788,160    | 0,009   |
|                 | Sistema produtivo            | 446,077                  | 134,872     | 0,004   |
|                 | Reaproveitamento de resíduos | -710,381                 | 237,759     | 0,009   |

Figura 702 – Coeficientes do Modelo 5 obtidos pela autora (Fonte: Dias, M.F., 2013)

|                 |                              | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro-padrão | p-valor |
|-----------------|------------------------------|--------------------------|-------------|---------|
| <b>MODELO 5</b> | Constante                    | -3562,014                | 1330,276    | 0,017   |
|                 | Tipo/Total                   | 5235,071                 | 1765,650    | 0,009   |
|                 | Sistema Produtivo            | 444,770                  | 134,764     | 0,005   |
|                 | Reaproveitamento de resíduos | -697,051                 | 235,009     | 0,009   |

Figura 703 – Coeficientes do Modelo 5 equivalente ao da autora, obtidos por recálculos (Fonte: o pesquisador, 2019)

Como se pode verificar, seja pelo software informático da autora seja pelos recálculos com recurso ao Excel os resultados são bem semelhantes.

**Conclusão:** Tendo em conta a importância dos coeficientes R<sup>2</sup> e R<sup>2</sup><sub>ajustado</sub> no que respeita à aderência com os dados, optou-se pelo Modelo 3 da autora, como modelo

matemático empírico a adotar, visto que os modelos 4 e 5 apresentam menor percentual de explicação da variável dependente Y (volume total de resíduos gerados na obra).

#### 6.2.4.5 MODELO DE ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM OBRAS VERTICAIS RESIDENCIAIS

O Modelo para estimar a geração de resíduos durante a produção de obras residenciais verticais foi elaborado a partir dos coeficientes parciais de regressão estimados na análise de regressão do Modelo 3 de Dias, M.F. (2013) descrito anteriormente.

Assim, a equação que descreve esse Modelo 3 é a seguinte:

$$VR = -5114,408 + 0,028*AT + 21,094*IeC + 297,683*SP - 673,489*RR + 5612,5*T/T + \epsilon$$
, em que:

VR = Volume total de resíduos gerados em obra;

AT = Área total Construída, em m<sup>2</sup>;

IeC = Índice Econômico de Compacidade, calculado conforme apresentado anteriormente;

SP = Sistema produtivo

RR = Reaproveitamento de resíduos (0=Não reaproveita; 1 = Reaproveita);

T/T = Tipo/Total (razão entre o nº de pavimentos-tipo e o total de pavimentos) escala de 1 a 3).

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados, onde se observam os valores mínimos e máximos de cada uma das variáveis em estudo, as médias, e o desvio-padrão.

Para a análise de ajuste do modelo empírico, inicialmente foi realizado o **teste de normalidade de resíduos (da regressão)**, e não RCC).

Resíduos da regressão = Valor observado de Y – Valor de Y previsto pelo modelo

Trabalhando então com os dados referentes ao Modelo 3 como modelo de regressão, ter-se-iam os resultados iniciais que constam na figura 704.

| VRobserv                         | AT                           | IeC   | SP                | RR                                   | T/T                | Constante | VRPM                                    | Rregr                 |
|----------------------------------|------------------------------|-------|-------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------|---|-----------------------|
| Volume total de resíduos gerados | Área total (m <sup>2</sup> ) | IeC   | Sistema produtivo | Reaproveitamento de resíduos em obra | Relação Tipo/Total | -5114,408 | Volume de resíduos previsto pelo modelo | Resíduos de regressão |
| 1410                             | 7994,53                      | 62,83 | 2                 | 0                                    | 0,81               |           | 1576,3                                  | -166,3                |
| 1890                             | 14297,00                     | 43,12 | 2                 | 0                                    | 0,83               |           | 1449,2                                  | 440,8                 |
| 840                              | 9496,70                      | 44,23 | 2                 | 1                                    | 0,83               |           | 664,7                                   | 175,3                 |
| 1074                             | 12684,08                     | 56,31 | 2                 | 1                                    | 0,85               |           | 1121,1                                  | -47,1                 |
| 1074                             | 5776,96                      | 62,09 | 1                 | 0                                    | 0,75               |           | 864,1                                   | 209,9                 |
| 872                              | 4326,08                      | 59,23 | 1                 | 0                                    | 0,71               |           | 538,7                                   | 333,3                 |
| 400                              | 1969,42                      | 59,35 | 2                 | 0                                    | 0,71               |           | 772,9                                   | -372,9                |
| 420                              | 6588,00                      | 55,47 | 1                 | 0                                    | 0,69               |           | 410,4                                   | 9,6                   |
| 500                              | 9807,00                      | 59,27 | 1                 | 0                                    | 0,75               |           | 917,5                                   | -417,5                |
| 612                              | 7619,94                      | 60,58 | 1                 | 1                                    | 0,82               |           | 603,3                                   | 8,7                   |
| 736                              | 6856,52                      | 66,82 | 1                 | 1                                    | 0,81               |           | 657,4                                   | 78,6                  |
| 1952                             | 23920,33                     | 51,77 | 3                 | 1                                    | 0,82               |           | 1469,2                                  | 482,8                 |
| 1188                             | 15230,89                     | 60,17 | 3                 | 1                                    | 0,77               |           | 1122,5                                  | 65,5                  |
| 1512                             | 21632,44                     | 58,31 | 3                 | 1                                    | 0,88               |           | 1879,9                                  | -367,9                |
| 2164                             | 21129,08                     | 55,69 | 3                 | 1                                    | 0,93               |           | 2089,0                                  | 75,0                  |
| 876                              | 14038,61                     | 51,93 | 3                 | 1                                    | 0,78               |           | 971,4                                   | -95,4                 |
| 1012                             | 2700,00                      | 57,91 | 1                 | 0                                    | 0,82               |           | 1082,7                                  | -70,7                 |
| 712                              | 8283,00                      | 41,05 | 2                 | 1                                    | 0,92               |           | 1068,8                                  | -356,8                |
| 1165                             | 21794,63                     | 61,74 | 2                 | 0                                    | 0,75               |           | 1602,9                                  | -437,9                |
| 2252                             | 7812,24                      | 72,27 | 2                 | 0                                    | 0,81               |           | 1770,3                                  | 481,7                 |

Figura 704 – Dados iniciais para aplicação de teste de normalidade aos resíduos de regressão (Fonte: o pesquisador, 2019)

A partir dos resíduos da regressão que constam na figura 704, na sua coluna mais à direita, podemos verificar se essa mesma amostra de resíduos de regressão, não padronizados, (porque não dividimos os respectivos valores pelo desvio-padrão da amostra de resíduos de regressão), segue ou não uma distribuição normal, através do **teste de Shapiro-Wilk**.

**Passo 1:**  $n=20$  ( $n^{\circ}$  de elementos da amostra de resíduos de regressão, segue a hipótese  $H_0$ , tal que  $R_{regressão}$  seguem uma distribuição normal de parâmetros  $\mu$  e  $\sigma^2$ , o que em termos de linguagem matemática formal, se escreve:

**Hipótese  $H_0$ :**  $R_{regr} \sim N(\mu \text{ e } \sigma^2)$ ;

**Passo 2:** Identificação da estatística de teste  $\rightarrow ET = b^2/[(n-1)*S^2] \sim W_n$ , sendo que  $ET$  é a estatística de teste,  $S^2$  é a variância da amostra de resíduos da regressão, e  $W_n$  significa simplesmente distribuição de Shapiro-Wilk com  $n$  graus de liberdade.

A primeira coisa a fazer no passo 2 é determinar a média da amostra dos resíduos de regressão; se tomarmos então os valores da última coluna à direita da figura 704, ou seja,  $\bar{a}$  dos resíduos de regressão, chegaremos a um valor de média para esses 20 valores que é igual a  $X = (28,7/20) = 1,435$

A segunda coisa a fazer ainda no passo 2 é determinar a variância dessa amostra de res-ídúos de regressão, através da expressão:

$$S^2 = [1/(n-1)] * [\sum_{i=1} \text{até } i=n (x_i^2) - n * X^2]$$

Então, no presente caso ficaria :

$$S^2 = (1/19) * [ (-166,3)^2 + (440,8)^2 + (175,3)^2 + (-47,1)^2 + (209,9)^2 + (333,3)^2 + (-372,9)^2 + (9,6)^2 + (-417,5)^2 + (8,7)^2 + (78,6)^2 + (482,8)^2 + (65,5)^2 + (-367,9)^2 + (75)^2 + (-95,4)^2 + (-70,7)^2 + (-356,8)^2 + (-437,9)^2 + (481,7)^2 - 20 * (1,435)^2 ] = (1/19) * [1673320,89 - 41,1845] = 88067,353$$

A terceira coisa a efetuar ainda dentro do passo 2 é calcular o valor de b, o que obriga à consulta dos valores  $a_i$  na tabela de Shapiro-Wilk, visto que a expressão para determinar o b é a seguinte:  $b = \sum_{i=1}^{i=n/2} a_{i,n} * (x_{(i-1+n)} - x_{(i)})$ ; como no presente caso  $n=20$ , que é o  $n^o$  de elementos da amostra, terão que se determinar/procurar  $(n/2) = 10$  valores de  $a_i$  na tabela de Shapiro-Wilk para esse tipo de coeficientes. Consultando os coeficientes  $a_i$  nas tabelas de Shapiro-Wilk para estes, tira-se então que:  $a_{1,20} = 0,4734$ ;  $a_{2,20} = 0,3211$ ;  $a_{3,20} = 0,2565$ ;  $a_{4,20} = 0,2085$ ;  $a_{5,20} = 0,1686$ ;  $a_{6,20} = 0,1334$ ;  $a_{7,20} = 0,1013$ ;  $a_{8,20} = 0,0711$ ;  $a_{9,20} = 0,0422$ ;  $a_{10,20} = 0,0140$ .

Para facilitar o uso da fórmula para o cálculo de b convém ordenar os valores dos resíduos de regressão (suponha-se do menor para o maior). Desse modo, se terá a seguinte sequência:

-437,9; -417,5; -372,9; -367,9; -356,8; -166,3; -95,4; -70,7; -47,1; 8,7; 9,6; 65,5; 75,0; 78,6; 175,3; 209,9; 333,3; 440,8; 481,7; 482,8

Aplicando então a expressão para o cálculo de b, vem:

$$b = 0,4734 * (482,8+437,9) + 0,3211 * (481,7+417,5) + 0,2565 * (440,8+372,9) + 0,2085 * (333,3 + 367,9) + 0,1686 * (209,9 + 356,8) + 0,1334 * (175,3 + 166,3) + 0,1013 * (78,6 + 95,4) + 0,0711 * (75 + 70,7) + 0,0422 * (65,5 + 47,1) + 0,0140 * (9,6 - 8,7).$$

Então,  $b = 1253,72$ ; se está então em condições de calcular a estatística de teste,  $ET = [b^2 / ((n-1) * (s^2))] = 1253,372^2 / ((20-1) * (88067,353)) = 0,939$

Passo 3: Determinar em uma outra tabela de Shapiro-Wilk (esta agora uma tabela para quartis e probabilidades) o valor de  $W_{n,\alpha}$  sendo o  $\alpha$  o erro, que no presente caso se admite/considera  $\alpha = 0,05$ , e  $n$  o  $n^o$  de elementos da amostra de resíduos de regressão, no caso  $n=20$ . Da tabela tira-se neste caso que  $W_{20,(0,05)} = 0,905$ .

Passo 4: Comparar os valores de ET e  $W_{n,\alpha}$  e; se  $ET > W_{n,\alpha}$  -> não se rejeita a hipótese  $H_0$  e a variável X (no caso os resíduos de regressão) segue uma distribuição normal (os resíduos de regressão seguem uma distribuição normal). É o que acontece no

presente caso: como  $ET=0,939 > W_{n,\alpha} (=0,905)$  , os resíduos de regressão seguem uma distribuição normal.

Passo 5: Confirmação da normalidade dos dados (resíduos de regressão) através da determinação do valor de prova,  $\bar{d}_p$ , nas tabelas de Shpauro-Wilk ( $\bar{d}_p = P(ET \leq$  que o ET calculado, que no presente caso é 0,939).

Para se determinar agora  $\bar{d}_p$  dtem que se entrar numa tabela de Shapiro-Wilk para esse tipo de valores e verificar qual o valor de P na tabela, entrando na linha de  $n = 20$  e até se encontrar o valor de 0,939 -> se chegaria à conclusão de que seria um valor de P entre 0,1 e 0,5, pode-se mesmo tomar como média desses dois valores de  $\bar{d}_p$ ; como o o valor que se estaria procurando nessa linha correspondente ao  $n=20$  da tabela seria 0,939 , que é aproximadamente igual a 0,94, que é precisamente o valor a meio de 0,1 e 0,5 =>  $P = 0,3$ ; então,  $\bar{d}_p = P(ET \leq 0,939) = 30\%$ ; e o erro,  $\bar{d}$ , nós não o havíamos considerado como  $\bar{d} = 0,05$ ? Então, como  $\bar{d}_p = 0,3 > 0,05 (= \bar{d} = \text{erro} ) => \text{não se pode rejeitar a hipótese } H_0 => \text{não se pode rejeitar a hipótese de } X \text{ (os resíduos de regressão) ser uma distribuição normal (confirmação de distribuição normal dos resíduos de regressão)}$ .

Resumindo, para resíduos da regressão “não padronizados”=> “Statistic” =  $ET_{\text{calculado}}=0,939$ .

$$\left\{ \begin{array}{l} df=20=n^{\circ}\text{elementos} \\ p\text{-valor } \sim \bar{d}_p = 0,3 \end{array} \right.$$

Dias, M.F. (2013) chega, para este Modelo 3 à síntese de resultados que consta na figura 685, enquanto os recálculos feitos pelo pesquisador conduzem de uma forma equivalente aos resultados que constam na figura 686.

Ainda para efeito da análise da normalidade dos resíduos da regressão a autora fez também uma análise aos resíduos studentizados da amostra, para o modelo matemático empírico selecionado.

Resíduos studentizados de uma amostra (neste caso a dos resíduos de regressão) são os resíduos (de regressão, no caso) que se obtêm dividindo cada um dos resíduos de regressão pelo desvio padrão da amostra de resíduos de regressão depois de eliminada a correspondente observação dentre os elementos da amostra desses mesmos resíduos.

Usando o excel para fazer esses cálculos pode-se construir a tabela que consta na figura 705.

| Rregr                 |  | Rregr Studentizados                 |
|-----------------------|--|-------------------------------------|
| Resíduos de regressão | Desvios-padrão da amostra sem a correspondente observação. | Resíduos de regressão studentizados |
| -166,3                | 294,123  | -0,565                              |
| 440,8                 | 278,159  | 1,585                               |
| 175,3                 | 293,926  | 0,596                               |
| -47,1                 | 296,541  | -0,159                              |
| 209,9                 | 291,882  | 0,719                               |
| 333,3                 | 286,297  | 1,164                               |
| -372,9                | 283,380  | -1,316                              |
| 9,6                   | 296,755  | 0,032                               |
| -417,5                | 279,900  | -1,492                              |
| 8,7                   | 296,757  | 0,029                               |
| 78,6                  | 296,205  | 0,265                               |
| 482,8                 | 274,281  | 1,760                               |
| 65,5                  | 296,378  | 0,221                               |
| -367,9                | 283,743  | -1,297                              |
| 75,0                  | 296,256  | 0,253                               |
| -95,4                 | 295,885  | -0,322                              |
| -70,7                 | 296,275  | -0,239                              |
| -356,8                | 284,530  | -1,254                              |
| -437,9                | 278,162  | -1,574                              |
| 481,7                 | 274,388  | 1,756                               |

Figura 705 – Resíduos de regressão studentizados(Fonte: o pesquisador, 2019)

De novo, para verificar se os resíduos studentizados seguem uma distribuição normal, pode-se aplicar sobre eles o teste de Shapiro-Wilk. Nele, e para o caso presente, os coeficientes  $a_{i,n}$  a serem usados no passo 2 do procedimento, continuam sendo os mesmos visto que o número de elementos da amostra studentizada continua sendo igual a 20, ou seja:

$$a_{1,20} = 0,4734; a_{2,20} = 0,3211; a_{3,20} = 0,2565; a_{4,20} = 0,2085; a_{5,20} = 0,1686; a_{6,20} = 0,1334; a_{7,20} = 0,1013; a_{8,20} = 0,0711; a_{9,20} = 0,0422; a_{10,20} = 0,0140$$

Uma vez mais, para calcular o b, necessário no passo 2 do procedimento para aplicação do teste de Shapiro-Wilk, para facilitar o uso da correspondente fórmula para seu cálculo, convém ordenar os valores, agora dos resíduos de regressão studentizados (suponha-se que do menor para o maior). No caso, resulta a seguinte série de valores crescentes:

$$-1,5743; -1,4916; -1,3159; -1,2966; -1,2540; -0,5654; -0,3224; -0,2386; -0,1588; 0,0293; 0,0323; 0,2210; 0,2532; 0,2654; 0,5964; 0,7191; 1,1642; 1,5847; 1,7555; 1,7602$$

Aplicando então a expressão para o cálculo de b no passo 2 do procedimento do método de Shapiro-Wilk, vem:

$$b = 0,4734 * (1,7602 + 1,5743) + 0,3211 * (1,7555 + 1,4916) + 0,2565 * (1,5847 + 1,3159) + 0,2085 * (1,1642 + 1,2966) + 0,1686 * (0,7191 + 1,2540) + 0,1334 * (0,5964 + 0,5654) + 0,1013 * (0,2654 + 0,3224) + 0,0711 * (0,2532 + 0,2386) + 0,0422 * (0,2210 + 0,1588) + 0,0140 * (0,0323 - 0,0293) = \mathbf{3,0558092}$$

O propósito último do passo 2 do método seguido para chegar à normalidade ou não da distribuição dos resíduos de regressão studentizados é o cálculo do valor da estatística de teste calculado, que é dado pela expressão:  $ET_{calculado} = b^2 / [(n-1) * s^2]$  o que obriga ao cálculo da variância, que por sua vez obriga ao cálculo da média, da amostra de resíduos de regressão studentizados. Pode-se recorrer ao Excel para fazer isso, através das respectivas funções MÉDIA e VAR. Ao fazê-lo chegar-se-ia aos resultados da figura 706, que é uma extensão da figura anterior.

| Rreg                  |  | Rreg Studentizados                  |   |   |
|-----------------------|--|-------------------------------------|---|---|
| Resíduos de regressão | Desvios-padrão da amostra sem a correspondente observação. | Resíduos de regressão studentizados | Média dos Resíduos de Regressão studentizados | Variância dos Resíduos de Regressão studentizados |
| -166,3                | 294,123  | -0,5654                             | 0,008186                                      | 1,120947041                                       |
| 440,8                 | 278,159  | 1,5847                              |   |   |
| 175,3                 | 293,926  | 0,5964                              |   |   |
| -47,1                 | 296,541  | -0,1588                             |   |   |
| 209,9                 | 291,882  | 0,7191                              |   |   |
| 333,3                 | 286,297  | 1,1642                              |   |   |
| -372,9                | 283,380  | -1,3159                             |   |   |
| 9,6                   | 296,755  | 0,0323                              |   |   |
| -417,5                | 279,900  | -1,4916                             |   |   |
| 8,7                   | 296,757  | 0,0293                              |   |   |
| 78,6                  | 296,205  | 0,2654                              |   |   |
| 482,8                 | 274,281  | 1,7602                              |   |   |
| 65,5                  | 296,378  | 0,2210                              |   |   |
| -367,9                | 283,743  | -1,2966                             |   |   |
| 75,0                  | 296,256  | 0,2532                              |   |   |
| -95,4                 | 295,885  | -0,3224                             |   |   |
| -70,7                 | 296,275  | -0,2386                             |   |   |
| -356,8                | 284,530  | -1,2540                             |   |   |
| -437,9                | 278,162  | -1,5743                             |   |   |
| 481,7                 | 274,388  | 1,7555                              |   |   |

Figura 706 – Resíduos de regressão studentizados e respectivas média e variância (Fonte: o pesquisador, 2019)

Pode-se então partir para o cálculo do valor calculado para a estatística de teste, através da expressão:

$$ET_{calculado} = b^2 / [(n-1) * s^2], \text{ que no caso resultaria em } ET_{calculado} = 3,0558092^2 / [20-1] * 1,120947041 = \mathbf{0,438443}$$

Pode-se então passar ao passo 3, conforme anteriormente explicado anteriormente no texto.



**PASSO 3:** Determinar, em uma tabela de quantis e probabilidades de Shapiro-Wilk, o valor de  $W_{n,\alpha}$ :

No caso  $n=20$ , que é o  $n^o$  de elementos da amostra de resíduos studentizados, e havia-se fixado para valor de limite máximo para o erro  $\bar{d}$  o valor de 0,05.

Das tabelas de quantis e probabilidades de Shpauro Wilk se tirava então que  $W_{20;0,05} = 0,901$

**PASSO 4:** Comparar os valores de ET e  $W_{n,\alpha}$ ; se  $ET > W_{n,\alpha}$  não se rejeita a hipótese de os resíduos de regressão studentizados seguirem uma distribuição normal. Mas não é o caso que está se verificando, pois 0,438443 não é maior que 0,901, donde, por este critério, não se confirma a normalidade da distribuição dos resíduos de regressão studentizados.

**PASSO 5:** Confirmação da normalidade dos dados através da determinação do valor de prova,  $d_p$ , nas tabelas de Shapiro-W  $\rightarrow d_p = P (ET < ET \text{ calculado})$ ; para se determinar agora  $d_p$  item que se entrar na tabela de Shapiro-Wilk, e verificar qual o valor de P na tabela, entrando na linha correspondente a  $n=20$  e até se encontrar o valor de  $ET_{\text{calculado}} = 0,438443$ . Chega-se à conclusão que será um valor inferior a 0,01; Ora, se é inferior a 0,01 não é maior que o erro  $\bar{d} = 0,05$ , e também por este critério os resíduos de regressão studentizados falham o critério de normalidade da respectiva amostra.

A autora, em sua dissertação chega no entanto a valores diferentes, que lhe permitem concluir pela normalidade dos resíduos de regressão studentizados, e que são os que constam na figura 707.

|                           | Teste de Normalidade |    |         |              |    |         |
|---------------------------|----------------------|----|---------|--------------|----|---------|
|                           | Kolmogorov-Smirnov   |    |         | Shapiro-Wilk |    |         |
|                           | Statistic            | df | p-valor | Statistic    | df | p-valor |
| Resíduos não padronizados | 0,141                | 20 | 0,200   | 0,935        | 20 | 0,192   |
| Resíduos studentizados    | 0,124                | 20 | 0,200   | 0,950        | 20 | 0,375   |

Figura 707 – Resultados de teste de normalidade dos resíduos de regresão(Fonte: Dias, M.F., 2013)

Pode-se então também construir um gráfico Q-Qplot dos resíduos studentizados referentes à amostra tratada no trabalho de Dias, M.F. (2013), para verificar até que ponto esses resíduos studentizados seguem uma distribuição normal.

Para isso seguem-se os seguintes passos:

PASSO 1: Ordenar os resíduos studentizados, do menor para o maior;

PASSO 2: Determinação da frequência absoluta de cada um dos resíduos studentizados ( $f_i$ );

PASSO 3: Determinação da frequência absoluta acumulada dos resíduos studentizados ( $F_i$ );

PASSO 4: Determinação da frequência relativa acumulada dos resíduos studentizados;

Se chegaria desse modo à figura 708 .

| $X_i$   | $f_i$ | $F_i$ | $H_i$ |
|---------|-------|-------|-------|
| -1,5743 | 1,00  | 1,00  | 0,05  |
| -1,4916 | 1,00  | 2,00  | 0,10  |
| -1,3159 | 1,00  | 3,00  | 0,15  |
| -1,2966 | 1,00  | 4,00  | 0,20  |
| -1,2540 | 1,00  | 5,00  | 0,25  |
| -0,5654 | 1,00  | 6,00  | 0,30  |
| -0,3234 | 1,00  | 7,00  | 0,35  |
| -0,2386 | 1,00  | 8,00  | 0,40  |
| -0,1588 | 1,00  | 9,00  | 0,45  |
| 0,0293  | 1,00  | 10,00 | 0,50  |
| 0,0323  | 1,00  | 11,00 | 0,55  |
| 0,2210  | 1,00  | 12,00 | 0,60  |
| 0,2532  | 1,00  | 13,00 | 0,65  |
| 0,2654  | 1,00  | 14,00 | 0,70  |
| 0,5964  | 1,00  | 15,00 | 0,75  |
| 0,7191  | 1,00  | 16,00 | 0,80  |
| 1,1642  | 1,00  | 17,00 | 0,85  |
| 1,5847  | 1,00  | 18,00 | 0,90  |
| 1,7550  | 1,00  | 19,00 | 0,95  |
| 1,7602  | 1,00  | 20,00 | 1,00  |

Figura 708 – Ordenação crescente de resíduos, frequências absoluta e absoluta acumulada de cada valor e respectiva frequência relativa acumulada (Fonte: pesquisador 2019)

PASSO 5: Cálculo do N ( $n^\circ$  de observações);

PASSO 6: Cálculo da média amostral dos resíduos studentizados;

PASSO7: Cálculo do desvio-padrão da amostra de resíduos estudentizados;

Usando as funções MÉDIA e DESVPADP do excel se chegaria assim à figura 709.

| $X_i$   | $f_i$ | $F_i$ | $H_i$ |               |          |
|---------|-------|-------|-------|---------------|----------|
| -1,5743 | 1,00  | 1,00  | 0,05  | n             | 20       |
| -1,4916 | 1,00  | 2,00  | 0,10  | Média         | 0,0081   |
| -1,3159 | 1,00  | 3,00  | 0,15  | Desvio-padrão | 1,031909 |
| -1,2966 | 1,00  | 4,00  | 0,20  |               |          |
| -1,2540 | 1,00  | 5,00  | 0,25  |               |          |
| -0,5654 | 1,00  | 6,00  | 0,30  |               |          |
| -0,3234 | 1,00  | 7,00  | 0,35  |               |          |
| -0,2386 | 1,00  | 8,00  | 0,40  |               |          |
| -0,1588 | 1,00  | 9,00  | 0,45  |               |          |
| 0,0293  | 1,00  | 10,00 | 0,50  |               |          |
| 0,0323  | 1,00  | 11,00 | 0,55  |               |          |
| 0,2210  | 1,00  | 12,00 | 0,60  |               |          |
| 0,2532  | 1,00  | 13,00 | 0,65  |               |          |
| 0,2654  | 1,00  | 14,00 | 0,70  |               |          |
| 0,5964  | 1,00  | 15,00 | 0,75  |               |          |
| 0,7191  | 1,00  | 16,00 | 0,80  |               |          |
| 1,1642  | 1,00  | 17,00 | 0,85  |               |          |
| 1,5847  | 1,00  | 18,00 | 0,90  |               |          |
| 1,7550  | 1,00  | 19,00 | 0,95  |               |          |
| 1,7602  | 1,00  | 20,00 | 1,00  |               |          |

Figura 709 – Resumo dos primeiros 7 passos para se chegar à construção do gráfico Q-Qplot dos resíduos studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

PASSO 8: Cálculo do Zobservado;

Tal como referido anteriormente, cada um dos valores de Zobservado é obtido a partir do correspondente valor do resíduo de regressão studentizado, subtraindo a média desses resíduos, e dividindo depois o resultado pelo desvio-padrão da amostra;

PASSO 9: Cálculo do Zesperado; tal como descrito anteriormente pode ser calculado a partir dos valores de  $H_i$  e usando a função do Excel INV.NORMP;

Procedendo desse modo se chegaria aos resultados que constam da figura 710.

| Xi      | fi   | Fi    | Hi   |               |          | Z observado  | Zesperado    |
|---------|------|-------|------|---------------|----------|--------------|--------------|
| -1,5743 | 1,00 | 1,00  | 0,05 | n             | 20       | -1,533478346 | -1,644853627 |
| -1,4916 | 1,00 | 2,00  | 0,10 | Média         | 0,0081   | -1,453335615 | -1,281551566 |
| -1,3159 | 1,00 | 3,00  | 0,15 | Desvio-padrão | 1,031909 | -1,283068652 | -1,036433389 |
| -1,2966 | 1,00 | 4,00  | 0,20 |               |          | -1,264365451 | -0,841621234 |
| -1,2540 | 1,00 | 5,00  | 0,25 |               |          | -1,223082738 | -0,67448975  |
| -0,5654 | 1,00 | 6,00  | 0,30 |               |          | -0,555775789 | -0,524400513 |
| -0,3234 | 1,00 | 7,00  | 0,35 |               |          | -0,32125897  | -0,385320466 |
| -0,2386 | 1,00 | 8,00  | 0,40 |               |          | -0,239081175 | -0,253347103 |
| -0,1588 | 1,00 | 9,00  | 0,45 |               |          | -0,16174877  | -0,125661347 |
| 0,0293  | 1,00 | 10,00 | 0,50 |               |          | 0,020534758  | -1,39214E-16 |
| 0,0323  | 1,00 | 11,00 | 0,55 |               |          | 0,023441991  | 0,125661347  |
| 0,2210  | 1,00 | 12,00 | 0,60 |               |          | 0,206306965  | 0,253347103  |
| 0,2532  | 1,00 | 13,00 | 0,65 |               |          | 0,237511269  | 0,385320466  |
| 0,2654  | 1,00 | 14,00 | 0,70 |               |          | 0,249334018  | 0,524400513  |
| 0,5964  | 1,00 | 15,00 | 0,75 |               |          | 0,570098758  | 0,67448975   |
| 0,7191  | 1,00 | 16,00 | 0,80 |               |          | 0,6890046    | 0,841621234  |
| 1,1642  | 1,00 | 17,00 | 0,85 |               |          | 1,120341113  | 1,036433389  |
| 1,5847  | 1,00 | 18,00 | 0,90 |               |          | 1,527838313  | 1,281551566  |
| 1,7550  | 1,00 | 19,00 | 0,95 |               |          | 1,692872257  | 1,644853627  |
| 1,7602  | 1,00 | 20,00 | 1,00 |               |          | 1,697911461  | #NÚM!        |

Figura 710 – Resumo dos primeiros 9 passos para se chegar à construção do gráfico Q-Qplot dos resíduos studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

PASSO 10: Construção do gráfico Q-Qplot → trata-se um gráfico em que no eixo dos xx se marcam os valores do Zobservado e no gráfico dos yy se marcam os valores do Zesperado. Procedendo desse modo se chegaria ao gráfico Q-Qplot da figura 711.

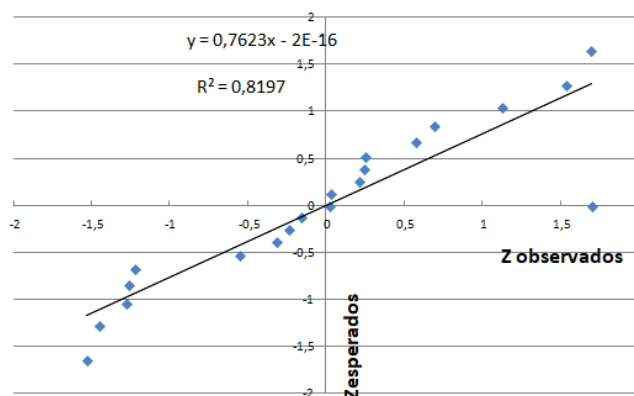


Figura 711 –Gráfico Q-Qplot para os resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

Do gráfico Q-Qplot da figura 711 é possível observar que: dos 20 pontos, 17 andam relativamente próximos da reta de regressão que representa aquilo que seria a distribuição normal dos resíduos de regressão studentizado; por meio do valor de R<sup>2</sup> se observa que essa reta de regressão que representa o que seria a distribuição normal dos resíduos de

regressão normalizados tem um ajuste de cerca de 82% em relação ao conjunto dos valores que se têm para os resíduos.

A seguir, e a partir da figura 704 pode-se recuperar o volume de resíduos previsto pelo modelo, e da figura 705 tiram-se os resíduos de regressão studentizados. Com esses dois dados pode-se montar as colunas de dados da figura 712 e construir um gráfico de dispersão, que tenha em abcissas os resíduos studentizados, e nas ordenadas os resíduos previstos pelo modelo (variável dependente Y). Fazendo-o, chega-se à figura 713 gráfico dados A relativa proximidade entre os resíduos studentizados observados e a reta sugere a normalidade da distribuição dos resíduos studentizados.

| VRPM                                    | Rregr Studentizados                 |
|---|-------------------------------------|
| Volume de resíduos previsto pelo modelo | Resíduos de regressão studentizados |
| 1576,3                                  | -0,5654                             |
| 1449,2                                  | 1,5847                              |
| 664,7                                   | 0,5964                              |
| 1121,1                                  | -0,1588                             |
| 864,1                                   | 0,7191                              |
| 538,7                                   | 1,1642                              |
| 772,9                                   | -1,3159                             |
| 410,4                                   | 0,0323                              |
| 917,5                                   | -1,4916                             |
| 603,3                                   | 0,0293                              |
| 657,4                                   | 0,2654                              |
| 1469,2                                  | 1,7602                              |
| 1122,5                                  | 0,2210                              |
| 1879,9                                  | -1,2966                             |
| 2089,0                                  | 0,2532                              |
| 971,4                                   | -0,3224                             |
| 1082,7                                  | -0,2386                             |
| 1068,8                                  | -1,2540                             |
| 1602,9                                  | -1,5743                             |
| 1770,3                                  | 1,7555                              |

Figura 712 –Dados de partida para construção de gráfico de dispersão dos resíduos previstos pelo modelo adotado em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

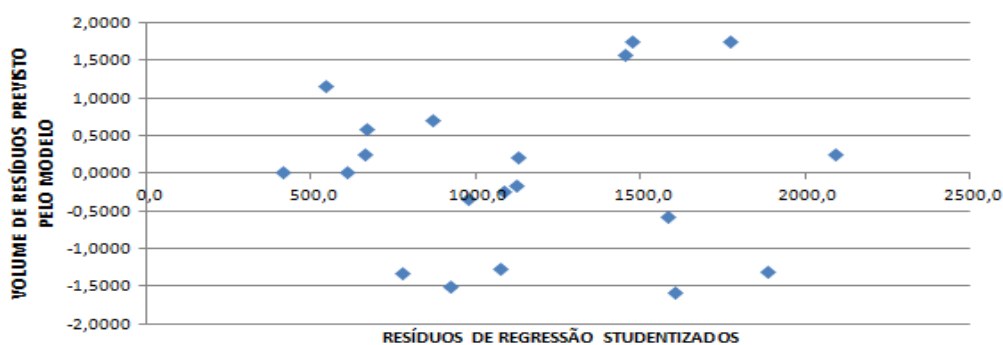


Figura 713 –Gráfico de dispersão dos resíduos previstos pelo modelo (variável Y) em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

Podem-se também construir gráficos de dispersão do volume de resíduos previsto pelo modelo adotado e cada uma das variáveis independentes que fazem parte desse mesmo modelo matemático empírico.

A seguir, e a partir da figura 704 pode-se recuperar o volume de resíduos previsto pelo modelo, a da figura 705 tiram-se os resíduos de regressão studentizados. Com esses dois dados pode-se montar as colunas de dados da figura 712 e construir um gráfico de dispersão, que tenha em abcissas os resíduos studentizados, e nas ordenadas os resíduos previstos pelo modelo (variável dependente Y). Fazendo-o, chega-se à figura 713 gráfico dados A relativa proximidade entre os resíduos estudentizados observados e a reta sugere a normalidade da distribuição dos resíduos estudentizados.

Da mesma forma que se construíram gráficos de dispersão da variável Y (volume de resíduos previsto pelo modelo) em relação aos resíduos de regressão studentizados, pode-se fazer o mesmo em relação a cada uma das **variáveis independentes de projeto do modelo** relativamente a esses mesmos resíduos de regressão studentizados. Começando então pela variável independente Área Total Construída, têm-se as figuras 714 e 715.

| AT                           | Rregr Studentizados                 |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Área total (m <sup>2</sup> ) | Resíduos de regressão studentizados |
| 7994,53                      | -0,5654                             |
| 14297,00                     | 1,5847                              |
| 9496,70                      | 0,5964                              |
| 12684,08                     | -0,1588                             |
| 5776,96                      | 0,7191                              |
| 4326,08                      | 1,1642                              |
| 1969,42                      | -1,3159                             |
| 6588,00                      | 0,0323                              |
| 9807,00                      | -1,4916                             |
| 7619,94                      | 0,0293                              |
| 6856,52                      | 0,2654                              |
| 23920,33                     | 1,7602                              |
| 15230,89                     | 0,2210                              |
| 21632,44                     | -1,2966                             |
| 21129,08                     | 0,2532                              |
| 14038,61                     | -0,3224                             |
| 2700,00                      | -0,2386                             |
| 8283,00                      | -1,2540                             |
| 21794,63                     | -1,5743                             |
| 7812,24                      | 1,7555                              |

Figura 714 –Dados de partida para construção de gráfico de dispersão da variável independente de projeto Área Total Construída em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

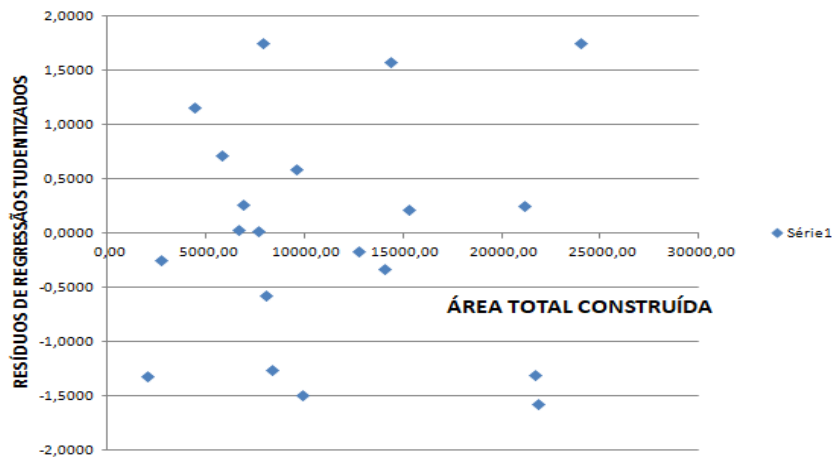


Figura 715 –Gráfico de dispersão da Área Total Construída (variável X de projeto) em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

No gráfico da figura 715, não é possível visualizar qualquer tipo de tendência nos dados da variável independente de projeto Área Total Construída versus os resíduos de regressão studentizados.

De modo semelhante se procederia para a variável independente X de projeto Relação Tipo/Total em relação aos resíduos de regressão studentizados e se chegaria às figuras 716 e 717.

| T/T                | Rregr Studentizados                 |
|--------------------|-------------------------------------|
| Relação Tipo/Total | Resíduos de regressão studentizados |
| 0,81               | -0,5654                             |
| 0,83               | 1,5847                              |
| 0,83               | 0,5964                              |
| 0,85               | -0,1588                             |
| 0,75               | 0,7191                              |
| 0,71               | 1,1642                              |
| 0,71               | -1,3159                             |
| 0,69               | 0,0323                              |
| 0,75               | -1,4916                             |
| 0,82               | 0,0293                              |
| 0,81               | 0,2654                              |
| 0,82               | 1,7602                              |
| 0,77               | 0,2210                              |
| 0,88               | -1,2966                             |
| 0,93               | 0,2532                              |
| 0,78               | -0,3224                             |
| 0,82               | -0,2386                             |
| 0,92               | -1,2540                             |
| 0,75               | -1,5743                             |
| 0,81               | 1,7555                              |

Figura 716 –Dados de partida para construção de gráfico de dispersão da variável independente de projeto Relação Tipo/Total em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

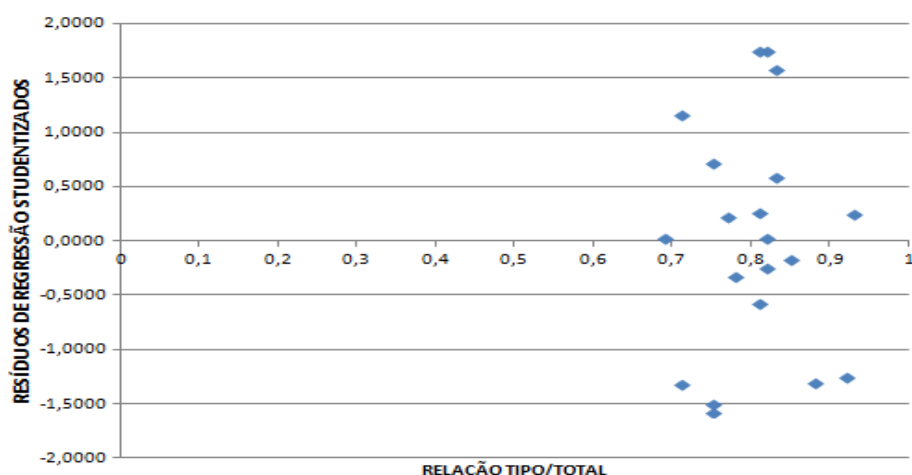


Figura 717 –Gráfico de dispersão da Relação Tipo/Total (variável X de projeto) em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

Da mesma forma que ocorreu para a variável independente de projeto Área Total Construída, pela figura 717 observa-se que para a distribuição da variável independente de projeto Relação Tipo/Total não é possível visualizar qualquer tipo de tendência nos dados, versus os resíduos de regressão studentizados.

De modo semelhante se procederia para a variável independente X de projeto Índice Econômico de Compacidade, IeC, em relação aos resíduos de regressão studentizados e se chegaria às figuras 718 e 719.

| IeC                             | Rregr Studentizados                 |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Índice Econômico de Compacidade | Resíduos de regressão studentizados |
| 62,83                           | -0,5654                             |
| 43,12                           | 1,5847                              |
| 44,23                           | 0,5964                              |
| 56,31                           | -0,1588                             |
| 62,09                           | 0,7191                              |
| 59,23                           | 1,1642                              |
| 59,35                           | -1,3159                             |
| 55,47                           | 0,0323                              |
| 59,27                           | -1,4916                             |
| 60,58                           | 0,0293                              |
| 66,82                           | 0,2654                              |
| 51,77                           | 1,7602                              |
| 60,17                           | 0,2210                              |
| 58,31                           | -1,2966                             |
| 55,69                           | 0,2532                              |
| 51,93                           | -0,3224                             |
| 57,91                           | -0,2386                             |
| 41,05                           | -1,2540                             |
| 61,74                           | -1,5743                             |
| 72,27                           | 1,7555                              |

Figura 718 –Dados de partida para construção de gráfico de dispersão da variável independente de projeto Índice Econômico de Compacidade, IeC, em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)



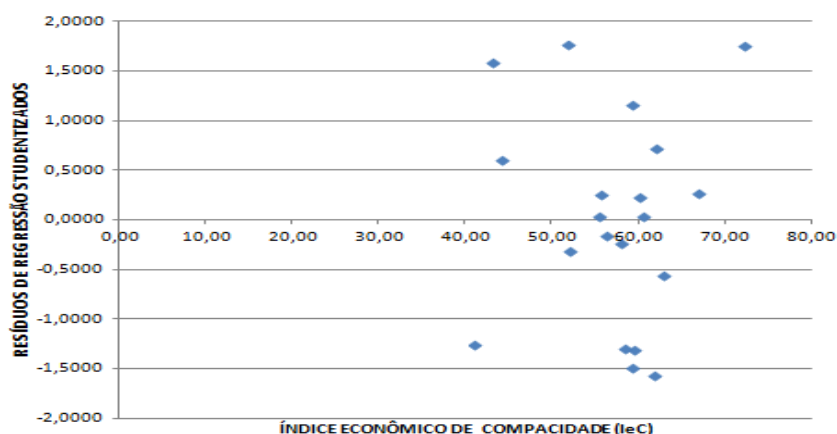


Figura 719 –Gráfico de dispersão do Índice Econômico de Compacidade, leC (variável independente X de projeto) em relação aos resíduos de regressão studentizados (Fonte: pesquisador 2019)

Da mesma forma que ocorreu para as variáveis independentes de projeto Área Total Construída e Relação Tipo/Total, pela figura 719 observa-se que para a distribuição da variável independente de projeto Índice Econômico de Compacidade, leC, não é possível visualizar qualquer tipo de tendência nos dados, quando comparados com os resíduos de regressão studentizados.

**Importante:** Para as variáveis independentes ligadas a Produção e que fazem parte do modelo adotado (Sistema Produtivo, e Reaproveitamento de Resíduos em Obra), não se fez o mesmo tipo de análise/verificação do que esta realizada para as variáveis independentes de projeto integrantes do modelo (Área Total Construída, Relação Tipo/Total e Índice Econômico de Compacidade), visto que as de produção são variáveis inicialmente qualitativas, que para serem transformadas em variáveis quantitativas tiveram que sê-lo por meio da adoção de escalas numéricas, o que acaba gerando uma repetição muito grande dos mesmos valores.

#### 6.2.4.6 APLICAÇÃO DO MODELO PARA ESTIMAR A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DAS OBRAS ESTUDADAS

Para verificar a capacidade de predição do modelo proposto foi realizada a operação inversa, onde foram lançados na equação do modelo matemático empírico os valores das variáveis independentes usados para verificação da aproximação do resultado ao valor real coletado nessas obras estudadas e terminadas que fazem parte da amostra.

Além disso, e para efeitos comparativos, usaram-se também os valores que resultariam de aplicar as estimativas de Pinto (1999) , para construções novas (geração de 150Kg de resíduos por cada m<sup>2</sup> de construção), as de Mália, Brito e Bravo (2011), para

edificações residenciais novas com estrutura em concreto armado (geração de 115Kg de resíduos por cada m<sup>2</sup> de construção), e o indicador de Saez et al (2012), que propõem o indicador  $i_1 = 0,0746\text{m}^3/\text{m}^2$  construído. Para possibilitar melhor a compreensão das diferenças encontradas, as estimativas com resultados em Kg/m<sup>2</sup> foram posteriormente transformadas em m<sup>3</sup> através do valor de densidade aparente publicado por Pinto e Gonzalez (2005), valor esse de  $1,2\text{t}/\text{m}^3 = 1200\text{ Kg}/\text{m}^3$ .

Fazendo isso a autora chegou à tabela da figura 720, onde ela aproveita para colocar em destaque os valores mais próximos (menores diferenças) em relação ao valor informado pelas empresas.

| ID | Volume de resíduo informado pelas empresas (m <sup>3</sup> ) | Modelo de estimativa proposto no trabalho |  | Indicador proposto por Pinto (1999) |  | Indicador proposto Mália et al. (2011) |  | Indicador proposto Saéz et al. (2012) |  |
|----|--|---|--|-------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|--|
|    |  | Volume estimado (m <sup>3</sup> )         | Diferença (%) em relação ao volume informado | Volume estimado (m <sup>3</sup> )   | Diferença (%) em relação ao volume informado | Volume estimado (m <sup>3</sup> )      | Diferença (%) em relação ao volume informado | Volume estimado (m <sup>3</sup> )     | Diferença (%) em relação ao volume informado |
| 1  | 1410,0   | 1572,7                                    | 11,54%                                       | 999,3                               | -29,13%                                      | 766,1                                  | -45,7%                                       | 596,4                                 | -57,7%                                       |
| 2  | 1890,0   | 1437,7                                    | -23,93%                                      | 1787,1                              | -5,44%                                       | 1370,1                                 | -27,5%                                       | 1066,6                                | -43,6%                                       |
| 3  | 840,0  | 673,7                                     | -19,80%                                      | 1187,1                              | 41,32%                                       | 910,1                                  | 8,3%   | 708,5                                 | -15,7%                                       |
| 4  | 1074,0   | 1112,6                                    | 3,59%  | 1585,5                              | 47,63%                                       | 1215,6                                 | 13,2%  | 946,2                                 | -11,9%                                       |
| 5  | 1074,0   | 860,8                                     | -19,85%                                      | 722,1                               | -32,76%                                      | 553,6                                  | -48,5%                                       | 431,0                                 | -59,9%                                       |
| 6  | 872,0  | 556,8                                     | -36,15%                                      | 540,8                               | -37,99%                                      | 414,6                                  | -52,5%                                       | 322,7                                 | -63,0%                                       |
| 7  | 400,0  | 786,2                                     | 96,55%                                       | 246,2                               | -38,46%                                      | 188,7                                  | -52,8%                                       | 146,9                                 | -63,3%                                       |
| 8  | 420,0  | 419,4                                     | -0,14%                                       | 823,5                               | 96,07%                                       | 631,4                                  | 50,3%  | 491,5                                 | 17,0%  |
| 9  | 500,0  | 918,9                                     | 83,78%                                       | 1225,9                              | 145,18%                                      | 631,4                                  | 26,3%  | 731,6                                 | 46,3%  |
| 10 | 612,0  | 609,9                                     | -0,34%                                       | 952,5                               | 55,64%                                       | 730,2                                  | 19,3%  | 568,4                                 | -7,1%  |
| 11 | 736,0  | 655,7                                     | -10,90%                                      | 857,1                               | 16,45%                                       | 657,1                                  | -10,7%                                       | 511,5                                 | -30,5%                                       |
| 12 | 1952,0   | 1488,9                                    | -23,72%                                      | 2990,0                              | 53,18%                                       | 2292,4                                 | 17,4%  | 1784,5                                | -8,6%  |
| 13 | 1188,0   | 1104,9                                    | -6,99%                                       | 1903,9                              | 60,26%                                       | 1459,6                                 | 22,9%  | 1136,2                                | -4,4%  |
| 14 | 1512,0   | 1892,2                                    | 25,15%                                       | 2704,1                              | 78,84%                                       | 2073,1                                 | 37,1%  | 1613,8                                | 6,7%   |
| 15 | 2164,0   | 2111,4                                    | -2,43%                                       | 2641,1                              | 22,05%                                       | 2024,9                                 | -6,4%  | 1576,2                                | -27,2%                                       |
| 16 | 876,0  | 974,2                                     | 11,20%                                       | 1754,8                              | 100,32%                                      | 1345,4                                 | 53,6%  | 1047,3                                | 19,6%  |
| 17 | 1012,0   | 1070,3                                    | 5,77%  | 337,5                               | -66,65%                                      | 258,8                                  | -74,4%                                       | 201,4                                 | -80,1%                                       |
| 18 | 712,0  | 1080,1                                    | 51,69%                                       | 1035,4                              | 45,42%                                       | 793,8                                  | 11,5%  | 617,9                                 | -13,2%                                       |
| 19 | 1165,0   | 1613,1                                    | 38,47%                                       | 2724,3                              | 133,85%                                      | 2088,7                                 | 79,3%  | 1625,9                                | 39,6%  |
| 20 | 2252,0   | 1781,3                                    | -20,90%                                      | 976,5                               | -56,64%                                      | 748,7                                  | -66,8%                                       | 582,8                                 | -74,1%                                       |

Figura 720 – Comparativo entre os resultados obtidos de geração de resíduos pelo modelo proposto, com o volume de resíduos informado pelas empresas, e pelos indicadores de estimativa propostos por Pinto (1999); Mália et al (2011) e Saéz et al (2012) (Fonte: Dias, M.F., 2013)

Os recálculos efetuados pelo pesquisador apresentaram resultados diferentes ao da autora mas muito próximos, e são os que constam na figura 721.

| ID | VOLUME DE RESÍDUO INFORMADO PELAS EMPRESAS (m <sup>2</sup> ) | Modelo de Estimativa Proposto no Trabalho |  | ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> ) | Indicador proposto por Pinto (1999) |  | Indicador proposto por Mália et al (2011) |                                    | Indicador proposto por Saez et al (2012) |  |
|----|--|---|--|------------------------------|-------------------------------------|--|---|------------------------------------|--|--|
|    |  | VOLUME ESTIMADO (m <sup>3</sup> )         | Diferença (%) em relação ao volume informado |                              | VOLUME ESTIMADO (m <sup>3</sup> )   | Diferença (%) em relação ao volume informado | VOLUME ESTIMADO (m <sup>3</sup> )         | Diferença (%) em relação ao volume | VOLUME ESTIMADO (m <sup>3</sup> )        | Diferença (%) em relação ao volume informado |
| 1  | 1410,0   | 1576,3                                    | 11,79%                                       | 7994,53                      | 999,3                               | -29,13%                                      | 766,1                                     | -45,67%                            | 596,4                                    | -57,70%                                      |
| 2  | 1890,0   | 1449,2                                    | -23,32%                                      | 14297,00                     | 1787,1                              | -5,44%                                       | 1370,1                                    | -27,51%                            | 1066,6                                   | -43,57%                                      |
| 3  | 840,0  | 664,7                                     | -20,87%                                      | 9496,70                      | 1187,1                              | 41,32%                                       | 910,1                                     | 8,35%                              | 708,5                                    | -15,65%                                      |
| 4  | 1074,0   | 1121,1                                    | 4,39%  | 12684,08                     | 1585,5                              | 47,63%                                       | 1215,6                                    | 13,18%                             | 946,2                                    | -11,90%                                      |
| 5  | 1074,0   | 864,1                                     | -19,54%                                      | 5776,96                      | 722,1                               | -32,77%                                      | 553,6                                     | -48,45%                            | 431                                      | -59,87%                                      |
| 6  | 872,0  | 538,7                                     | -38,22%                                      | 4326,08                      | 540,8                               | -37,98%                                      | 414,6                                     | -52,45%                            | 322,7                                    | -62,99%                                      |
| 7  | 400,0  | 772,9                                     | 93,23%                                       | 1969,42                      | 246,2                               | -38,45%                                      | 188,7                                     | -52,83%                            | 146,9                                    | -63,28%                                      |
| 8  | 420,0  | 410,4                                     | -2,29%                                       | 6588,00                      | 823,5                               | 96,07%                                       | 631,4                                     | 50,33%                             | 491,5                                    | 17,02%                                       |
| 9  | 500,0  | 917,5                                     | 83,50%                                       | 9807,00                      | 1225,9                              | 145,18%                                      | 939,8                                     | 87,96%                             | 731,6                                    | 46,32%                                       |
| 10 | 612,0  | 603,3                                     | -1,42%                                       | 7619,94                      | 952,5                               | 55,64%                                       | 730,2                                     | 19,31%                             | 568,4                                    | -7,12%                                       |
| 11 | 736,0  | 657,4                                     | -10,68%                                      | 6856,52                      | 857,1                               | 16,45%                                       | 657,1                                     | -10,72%                            | 511,5                                    | -30,50%                                      |
| 12 | 1952,0   | 1469,2                                    | -24,73%                                      | 23920,33                     | 2990,0                              | 53,18%                                       | 2292,4                                    | 17,44%                             | 1784,5                                   | -8,58%                                       |
| 13 | 1188,0   | 1122,5                                    | -5,51%                                       | 15230,89                     | 1903,9                              | 60,26%                                       | 1459,6                                    | 22,86%                             | 1136,2                                   | -4,36%                                       |
| 14 | 1512,0   | 1879,9                                    | 24,33%                                       | 21632,44                     | 2704,1                              | 78,84%                                       | 2073,1                                    | 37,11%                             | 1613,8                                   | 6,73%  |
| 15 | 2164,0   | 2089,0                                    | -3,47%                                       | 21129,08                     | 2641,1                              | 22,05%                                       | 2024,9                                    | -6,43%                             | 1576,2                                   | -27,16%                                      |
| 16 | 876,0  | 971,4                                     | 10,89%                                       | 14038,61                     | 1754,8                              | 100,32%                                      | 1345,4                                    | 53,58%                             | 1047,3                                   | 19,55%                                       |
| 17 | 1012,0   | 1082,7                                    | 6,99%  | 2700,00                      | 337,5                               | -66,65%                                      | 258,8                                     | -74,43%                            | 201,4                                    | -80,10%                                      |
| 18 | 712,0  | 1068,8                                    | 50,11%                                       | 8283,00                      | 1035,4                              | 45,42%                                       | 793,8                                     | 11,49%                             | 617,9                                    | -13,22%                                      |
| 19 | 1165,0   | 1602,9                                    | 37,59%                                       | 21794,63                     | 2724,3                              | 133,85%                                      | 2088,7                                    | 79,29%                             | 1625,9                                   | 39,56%                                       |
| 20 | 2252,0   | 1770,3                                    | -21,39%                                      | 7812,24                      | 976,5                               | -56,64%                                      | 748,7                                     | -66,75%                            | 582,8                                    | -74,12%                                      |

Figura 721 – Comparativo entre os resultados obtidos de geração de resíduos pelo modelo proposto, a partir de recálculos, com o volume de resíduos informado pelas empresas, e pelos indicadores de estimativa propostos por Pinto (1999); Mália *et al* (2011) e Saez *et al* (2012) (Fonte: o pesquisador, 2019)

Alguns aspetos importantes que se podem retirar em termos de análise de resultados:

- Os resultados dos volumes de resíduos estimados pelo modelo matemático empírico, quando realizados pela autora, não coincidem exatamente com os obtidos nos recálculos pelo pesquisador, mas são muito próximos.

- Se, como critério limite máximo para definir se o volume de resíduos previsto pelo modelo empírico pode considerar-se próximo daquele informado pelas 20 obras, considerar-se como diferença máxima limite, em módulo, 25% , então, o indicador proposto por Pinto (1999), apenas apresenta resultados próximos em 3 obras (aproximadamente 15% do total de obras); o indicador proposto por Mália *et al* (2011), apresenta resultados próximos aos fornecidos pelas obras em 8 casos (cerca de 40% do total de obras); o indicador proposto por Saez *et al* (2012), apresenta resultados próximos para 9 obras (cerca de 45% do total de obras). Pode-se assim afirmar que, o modelo matemático empírico proposto pela autora foi o que se comportou melhor dentre todos, apresentando resultados próximos para 15 obras (75% do total de obras).

- A maior diferença de estimativa de geração de resíduo pelo modelo matemático empírico proposto ocorreu na obra 7 (+93,23%);

- A menor diferença de estimativa de geração de resíduo pelo modelo matemático empírico proposto ocorreu na obra 10 (-1,42%);

- As obras 7 e 9 apresentaram desvios elevados (respectivamente +93,23% e +83,5%), em relação ao volume de resíduos gerados informados pelas empresas;

De acordo com a autora, uma justificativa para tal variação seria um possível erro na contabilização do número de caçambas por parte das empresas, uma vez que na obra 9, por exemplo, esta informação foi buscada em arquivos físicos através das notas fiscais do serviço de coleta emitidas no período da construção.

Frente ao elevado desvio encontrado nessas duas obras a autora decidiu retirá-las do banco de dados para realização de novas análises, a fim de buscar o melhor ajustamento do modelo.

### **6.3 MODELO MATEMÁTICO EMPÍRICO DE GERAÇÃO DE RCC EM EDIFÍCIOS VERTICAIS MULTIFAMILIARES**

#### **6.3.1 VARIÁVEIS NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS: DADOS COLETADOS SOBRE AS OBRAS QUE COMPÕEM A AMOSTRA**

Os dados levantados nesta etapa da pesquisa, envolvendo 20 obras da construtora “X” (empresa das obras 1 e 2 objeto de estudo de caso), são apresentados em termos de variável dependente (quantidade de resíduo gerado em cada obra) e em variáveis independentes, relativas às características de projeto arquitetônico e produção. Este capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos nessas 20 obras que constituem a amostra, para que ao final seja possível chegar em um modelo matemático empírico obtido a partir das análises e tratamento de dados realizados.

##### **6.3.1.1 VARIÁVEL DEPENDENTE – VOLUME TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS ( $m^3$ )**

Os valores para esta variável foram fornecidos pela empresa construtora, sendo que esta possuía planilha em excel para controle do número de caçambas de resíduos gerados, em cada obra, consoante as várias classes / tipos de resíduos, conforme visto anteriormente. Nessa conformidade depreende-se que o total de resíduos apresentados resulta do número de caçambas multiplicado pelo respectivo volume.

##### **6.3.1.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES RELACIONADAS AO PROJETO**

As variáveis consideradas para avaliação da participação de fatores relacionados ao projeto arquitetônico sobre a geração de resíduos durante a construção de edifícios são do tipo quantitativo e consistem na área total construída (na vez de área do edifício), área do pavimento-tipo, razão entre o número de pavimentos-tipo e o número total de pavimentos (tipo/total), densidade de paredes internas do pavimento-tipo (ml/m<sup>2</sup>), e o índice econômico de compacidade (IeC).

Os valores para esta variável foram fornecidos pela empresa construtora, sendo que esta possuía planilha em excel para controle do número de caçambas de resíduos gerados.

### 6.3.1.3 VARIÁVEIS INDEPENDENTES RELACIONADAS À PRODUÇÃO

As variáveis consideradas neste estudo para avaliação da participação de fatores relacionados à produção sobre a geração de resíduos são do tipo qualitativo, e são elas: reaproveitamento de resíduos no canteiro (sim ou não) sendo substituídos por “1” e “0” respectivamente para aplicação da análise estatística; organização no canteiro (escala de 1 a 5) e sistema produtivo (1 a 3), conforme método já descrito.

Dito isto, se apresentam na figura 722 os dados relativos à amostra das 20 obras concluídas e fornecidos pela construtora.

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M <sup>3</sup> ) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M <sup>2</sup> ) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M <sup>2</sup> ) | ÍNDICE ECONÔM DE COMPACIDADE (IeC) | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA | SISTEMA PRODUTIVO |
|---------|---|---|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| Obra 01 | 8809  | 30088.86                                | 8                   | 1                                 | 321                                  | 62.83                              | 0.52                          | 4 (Não)               | 0                           | 2                 |
| Obra 02 | 2778  | 9488.80                                 | 3                   | 1                                 | 321                                  | 43.12                              | 0.54                          | 4 (Não)               | 0                           | 2                 |
| Obra 03 | 2295  | 7839.02                                 | 3                   | 1                                 | 321                                  | 44.23                              | 0.52                          | 3 (Sim)               | 1                           | 2                 |
| Obra 04 | 3283  | 11213.72                                | 3                   | 0.75                              | 321                                  | 56.31                              | 0.58                          | 3 (Sim)               | 1                           | 2                 |
| Obra 05 | 4104  | 14018.01                                | 4                   | 1                                 | 321                                  | 62.09                              | 0.48                          | 2 (Não)               | 0                           | 1                 |
| Obra 06 | 3511  | 11992.50                                | 4                   | 1                                 | 389                                  | 59.23                              | 0.46                          | 5 (Não)               | 0                           | 1                 |
| Obra 07 | 1951  | 6664.02                                 | 3                   | 1                                 | 389                                  | 59.85                              | 0.47                          | 5 (Não)               | 0                           | 2                 |
| Obra 08 | 3428  | 11709.00                                | 4                   | 1                                 | 389                                  | 55.47                              | 0.47                          | 4 (Não)               | 0                           | 1                 |
| Obra 09 | 1188  | 4058.04                                 | 2                   | 0.75                              | 389                                  | 59.27                              | 0.44                          | 4 (Não)               | 0                           | 1                 |
| Obra 10 | 2213  | 7559.38                                 | 3                   | 1                                 | 321                                  | 60.58                              | 0.39                          | 3 (Sim)               | 1                           | 1                 |
| Obra 11 | 1235  | 4218.63                                 | 2                   | 1                                 | 321                                  | 66.82                              | 0.47                          | 3 (Sim)               | 1                           | 1                 |
| Obra 12 | 2418  | 8259.64                                 | 3                   | 1                                 | 321                                  | 51.77                              | 0.28                          | 4 (Sim)               | 1                           | 3                 |
| Obra 13 | 3925  | 13407.40                                | 4                   | 1                                 | 321                                  | 60.17                              | 0.2                           | 4 (Sim)               | 1                           | 3                 |
| Obra 14 | 1019  | 3480.84                                 | 2                   | 1                                 | 389                                  | 58.31                              | 0.2                           | 3 (Sim)               | 1                           | 3                 |
| Obra 15 | 2287  | 7812.24                                 | 3                   | 0.75                              | 389                                  | 55.89                              | 0.26                          | 4 (Sim)               | 1                           | 3                 |
| Obra 16 | 2353  | 8037.70                                 | 3                   | 1                                 | 321                                  | 51.93                              | 0.25                          | 4 (Sim)               | 1                           | 3                 |
| Obra 17 | 1472  | 7991.53                                 | 2                   | 1                                 | 389                                  | 57.91                              | 0.43                          | 4 (Não)               | 0                           | 1                 |
| Obra 18 | 4347  | 16852.89                                | 4                   | 1                                 | 389                                  | 41.85                              | 0.48                          | 3 (Sim)               | 1                           | 2                 |
| Obra 19 | 2448  | 8514.45                                 | 3                   | 1                                 | 321                                  | 61.74                              | 0.52                          | 3 (Não)               | 0                           | 2                 |
| Obra 20 | 3150  | 11212.24                                | 3                   | 1                                 | 389                                  | 72.27                              | 0.42                          | 3 (Não)               | 0                           | 2                 |

Figura 722 – Dados relativos à variável dependente e variáveis independentes, na geração de resíduos para uma amostra de 20 obras já terminadas da construtora “X” (Fonte: pesquisador 2019)

### 6.3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS E DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO EMPÍRICO

Considerando as informações das vinte obras, num primeiro momento realizou-se a análise descritiva, com o objetivo de conhecer a distribuição das variáveis para posteriormente aplicar a análise de regressão múltipla e, por fim, chegar-se ao modelo matemático empírico.

#### 6.3.2.1 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS COLETADOS

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados, onde se observam os valores mínimos e máximos de cada uma das variáveis em estudo, as médias, desvio-padrão e o coeficiente de variação das mesmas. Os resultados são apresentados na figura 723.

| OBRA                    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) | ÍNDICE ECONÔM DE COMPACIDADE (IeC) | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA | SISTEMA PRODUTIVO |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| MÍNIMO                  | 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 0.75                              | 321                     | 41.85                              | 0.2                           | 2                     | 0                           | 1                 |
| MÁXIMO                  | 8809                           | 30088.855                  | 8                   | 1                                 | 389                     | 72.27                              | 0.58                          | 5                     | 1                           | 3                 |
| MÉDIA                   | 2910.7                         | 10220.94526                | 3.3                 | 0.9625                            | 351.6                   | 57.082                             | 0.419                         | 3.6                   | 0.5                         | 1.9               |
| DESVIO-PADRÃO           | 1693.873391                    | 5796.050102                | 1.301820588         | 0.091586887                       | 34.70840942             | 7.601419258                        | 0.116659649                   | 0.753937035           | 0.512989176                 | 0.788068926       |
| COEFICIENTE DE VARIAÇÃO | 58.19%                         | 56.71%                     | 39.45%              | 9.52%                             | 9.87%                   | 13.32%                             | 27.84%                        | 20.94%                | 102.60%                     | 41.48%            |

Figura 723 – Estatística descritiva de amostra de vinte obras da empresa “X” (Fonte: pesquisador 2019)

Com base no coeficiente de variação é possível observar que as variáveis Área do Pavimento-tipo, razão entre Número de Pavimentos-tipo e Número Total de Pavimentos e Índice Econômico de Compacidade apresentaram baixa dispersão, mostrando-se homogêneas. Já as variáveis Organização do Canteiro e Densidade de Paredes Internas demonstraram dispersão média, e por fim, as variáveis Área Total Construída, Número Total de Pavimentos, Reaproveitamento de Resíduos em Obra e Sistema Produtivo apresentaram dispersão elevada.

#### 6.3.2.2 ANÁLISE DA VARIÁVEL DEPENDENTE Y (VOLUME TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS)

Complementando a análise descritiva apresentada anteriormente faz-se a verificação se os resíduos gerados em obra seguem uma lei de distribuição normal. Como se está em presença de uma amostra pequena ( $n = n^{\circ}$  de elementos  $\leq 30$ ), o teste não parametrizado

indicado para esse efeito é o teste de Shapiro-Wilk. Assim, têm que se considerar duas hipóteses, uma delas que se designará de  $H_0$ , que é a de que os valores de resíduos gerados seguem uma distribuição normal de parâmetros  $\mu$  e  $\sigma^2$ , sendo que a outra hipótese é a de que os resíduos gerados não seguem tal distribuição ( hipótese  $H_1$ ). A formulação de tais hipóteses corresponde a:

$$H_0: Y \sim N(\mu, \sigma^2) \text{ versus } H_1: Y \text{ não } \sim N(\mu, \sigma^2)$$

O passo seguinte será enunciar a estatística de teste,  $ET$ , que vem:

$ET = b^2 / [(n-1) * s^2] \sim W_n$ ; ou seja, a estatística de teste seguirá uma distribuição de Shapiro-Wilk, sob a hipótese  $H_0$  (hipótese de distribuição normal), distribuição de Shapiro-Wilk essa com um número de graus de liberdade  $n$ , que é igual ao  $n^o$  de elementos da amostra. Feito isso e começando por calcular o valor de  $s^2$  (variância), vem:

$$S^2 = (1 / (n - 1)) * [ (\sum_{i=1 \text{ até } n} Y_i^2) - n * \bar{Y}^2 ], \text{ que, no caso fica:}$$

$$S^2 = (1/19) * [ 8809^2 + 2778^2 + 2295^2 + 3283^2 + 4104^2 + 3511^2 + 1951^2 + 3428^2 + 1188^2 + 2213^2 + 1235^2 + 2418^2 + 3925^2 + 1019^2 + 2287^2 + 2353^2 + 1472^2 + 4347^2 + 2448^2 + 3150^2 - 20 * 2911^2 ] = 2.867.368,632$$

Por outro lado,  $b = ( \sum_{i=1 \text{ até } n/2} a_{i,n} * (Y_{(i-1+n)} - Y_i) )$ ; o procedimento de cálculo do  $b$  requer a consulta de tabelas de Shapiro-Wilk do tipo da figura 724, para achar os valores de  $a_{i,n}$ ; neste caso se deverá considerar a coluna de valores correspondentes a  $n=20$ , donde, se determinarão  $n/2 = 10$  valores de  $a_{i,n}$ , que serão:

$$a_{1,20} = 0,4734; a_{2,20} = 0,3211; a_{3,20} = 0,2565; a_{4,20} = 0,2085; a_{5,20} = 0,1686; a_{6,20} = 0,1334; a_{7,20} = 0,1013; a_{8,20} = 0,0711; a_{9,20} = 0,0422; a_{10,20} = 0,0140$$



|    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| ln | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     |  |
| 1  | 0,7071 | 0,7071 | 0,6872 | 0,6646 | 0,6431 | 0,6233 | 0,6062 | 0,5888 | 0,5739 | 0,5601 | 0,5475 | 0,5359 |  |
| 2  |        |        | 0,1677 | 0,2413 | 0,2806 | 0,3031 | 0,3164 | 0,3244 | 0,3291 | 0,3315 | 0,3325 | 0,3325 |  |
| 3  |        |        |        |        | 0,0875 | 0,1401 | 0,1743 | 0,1976 | 0,2141 | 0,2260 | 0,2347 | 0,2412 |  |
| 4  |        |        |        |        |        |        | 0,0561 | 0,0947 | 0,1224 | 0,1429 | 0,1586 | 0,1707 |  |
| 5  |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0399 | 0,0695 | 0,0922 | 0,1099 |  |
| 6  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0303 | 0,0539 |  |
|    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
| ln | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     | 24     | 25     |  |
| 1  | 0,5251 | 0,5150 | 0,5056 | 0,4968 | 0,4886 | 0,4808 | 0,4734 | 0,4643 | 0,4590 | 0,4542 | 0,4493 | 0,4450 |  |
| 2  | 0,3318 | 0,3306 | 0,3290 | 0,3273 | 0,3253 | 0,3232 | 0,3211 | 0,3185 | 0,3156 | 0,3126 | 0,3098 | 0,3069 |  |
| 3  | 0,2460 | 0,2495 | 0,2521 | 0,2540 | 0,2553 | 0,2561 | 0,2565 | 0,2578 | 0,2571 | 0,2563 | 0,2554 | 0,2543 |  |
| 4  | 0,1802 | 0,1878 | 0,1939 | 0,1988 | 0,2027 | 0,2059 | 0,2085 | 0,2119 | 0,2131 | 0,2139 | 0,2145 | 0,2148 |  |
| 5  | 0,1240 | 0,1353 | 0,1447 | 0,1524 | 0,1587 | 0,1641 | 0,1686 | 0,1736 | 0,1764 | 0,1787 | 0,1807 | 0,1822 |  |
| 6  | 0,0727 | 0,0880 | 0,1005 | 0,1109 | 0,1197 | 0,1271 | 0,1334 | 0,1399 | 0,1443 | 0,1480 | 0,1512 | 0,1539 |  |
| 7  | 0,0240 | 0,0433 | 0,0593 | 0,0725 | 0,0837 | 0,0932 | 0,1013 | 0,1092 | 0,115  | 0,1201 | 0,1245 | 0,1283 |  |
| 8  |        |        | 0,0196 | 0,0359 | 0,0496 | 0,0612 | 0,0711 | 0,0804 | 0,0878 | 0,0941 | 0,0997 | 0,1046 |  |
| 9  |        |        |        |        | 0,0163 | 0,0303 | 0,0422 | 0,0530 | 0,0618 | 0,0696 | 0,0764 | 0,0823 |  |
| 10 |        |        |        |        |        |        | 0,0140 | 0,0263 | 0,0368 | 0,0459 | 0,0539 | 0,061  |  |
| 11 |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0122 | 0,0228 | 0,0321 | 0,0403 |  |
| 12 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0107 | 0,0200 |  |
| 13 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 |  |

Figura 724 – Valores para os coeficientes  $a_{i,n}$ , de acordo com as tabelas de Shapiro-Wilk (Fonte: pesquisador 2019)

Para aplicar a expressão anterior quanto ao cálculo de **b**, é necessário começar por ordenar, seja crescentemente ou decrescentemente, os valores dos resíduos gerados em obra, do que resulta a figura 725.

| TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS(m3) |  |
|-------------------------------|--|
| 1019                          |  |
| 1188                          |  |
| 1235                          |  |
| 1472                          |  |
| 1951                          |  |
| 2213                          |  |
| 2287                          |  |
| 2295                          |  |
| 2353                          |  |
| 2418                          |  |
| 2448                          |  |
| 2778                          |  |
| 3150                          |  |
| 3283                          |  |
| 3428                          |  |
| 3511                          |  |
| 3925                          |  |
| 4104                          |  |
| 4347                          |  |
| 8809                          |  |

Figura 725 – Valores dos resíduos gerados na amostra de vinte obras, ordenados crescentemente (Fonte: pesquisador 2019)



Aplicando então a expressão para o b, vem:

$$b = 0,4734 * (8809 - 1019) + 0,3211 * (4347 - 1188) + + 0,2565 * (4104 - 1235) + 0,2085 * (3925 - 1472) + + 0,1686 * (3511 - 1951) + 0,1334 * (3428 - 2213) + 0,1013 * (3283 - 2287) + 0,0711 * (3150 - 2295) + +0,0422 * (2778 - 2353) + 0,0140 * (2448 - 2418) \\ \Leftrightarrow b = 6554,6272$$

$$\text{Então, } ET = (6554,6272^2) / ((19 * 2867368,632)) = 0,788$$

Neste caso, impõe-se um nível de significância de  $\bar{\alpha}=0,05$ . E, portanto, a estatística de teste segue uma distribuição de Shapiro-Wilk do tipo  $W(20;0,05)$ . Sendo o teste de Shapiro-Wilk um teste unilateral esquerdo (TUE), se  $ET > W(20;0,05)$  não se rejeita a hipótese de os dados (resíduos gerados pelas obras) seguirem uma lei de distribuição normal; se  $ET < W(20;0,05)$  tem que se rejeitar essa hipótese.

Os valores de  $W(20;0,05)$  extraem-se de uma tabela de Shapiro-Wilk de quartis e probabilidades. No caso presente, entrando nessa tabela e fazendo  $n=20$  e  $p=0,05$  vem que  $P=0,905$ , conforme se pode verificar pela figura 726.

| n \ P | 0.01  | 0.02  | 0.05  | 0.1   | 0.5   | 0.9   | 0.95  | 0.98  | 0.99  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3     | 0.753 | 0.756 | 0.757 | 0.789 | 0.959 | 0.998 | 0.999 | 1.000 | 1.000 |
| 4     | 0.687 | 0.707 | 0.748 | 0.792 | 0.935 | 0.987 | 0.992 | 0.996 | 0.997 |
| 5     | 0.686 | 0.715 | 0.762 | 0.806 | 0.927 | 0.979 | 0.986 | 0.991 | 0.993 |
| 6     | 0.713 | 0.743 | 0.788 | 0.826 | 0.927 | 0.974 | 0.981 | 0.986 | 0.989 |
| 7     | 0.730 | 0.760 | 0.803 | 0.838 | 0.928 | 0.972 | 0.979 | 0.985 | 0.988 |
| 8     | 0.749 | 0.778 | 0.818 | 0.851 | 0.932 | 0.972 | 0.978 | 0.984 | 0.987 |
| 9     | 0.764 | 0.791 | 0.829 | 0.859 | 0.935 | 0.972 | 0.978 | 0.984 | 0.986 |
| 10    | 0.781 | 0.806 | 0.842 | 0.869 | 0.938 | 0.972 | 0.978 | 0.983 | 0.986 |
| 11    | 0.792 | 0.817 | 0.850 | 0.876 | 0.940 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 12    | 0.805 | 0.828 | 0.859 | 0.883 | 0.943 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 13    | 0.814 | 0.837 | 0.866 | 0.889 | 0.945 | 0.974 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 14    | 0.825 | 0.846 | 0.874 | 0.895 | 0.947 | 0.975 | 0.980 | 0.984 | 0.986 |
| 15    | 0.835 | 0.855 | 0.881 | 0.901 | 0.950 | 0.975 | 0.980 | 0.984 | 0.987 |
| 16    | 0.844 | 0.863 | 0.887 | 0.906 | 0.952 | 0.976 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
| 17    | 0.851 | 0.869 | 0.892 | 0.910 | 0.954 | 0.977 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
| 18    | 0.858 | 0.874 | 0.897 | 0.914 | 0.956 | 0.978 | 0.982 | 0.986 | 0.988 |
| 19    | 0.863 | 0.879 | 0.901 | 0.917 | 0.957 | 0.978 | 0.982 | 0.986 | 0.988 |
| 20    | 0.868 | 0.884 | 0.905 | 0.920 | 0.959 | 0.979 | 0.983 | 0.986 | 0.988 |
| 21    | 0.873 | 0.888 | 0.908 | 0.923 | 0.960 | 0.980 | 0.983 | 0.987 | 0.989 |
| 22    | 0.878 | 0.892 | 0.911 | 0.926 | 0.961 | 0.980 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 23    | 0.881 | 0.895 | 0.914 | 0.928 | 0.962 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 24    | 0.884 | 0.898 | 0.916 | 0.930 | 0.963 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 25    | 0.888 | 0.901 | 0.918 | 0.931 | 0.964 | 0.981 | 0.985 | 0.988 | 0.989 |
| 26    | 0.891 | 0.904 | 0.920 | 0.933 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.989 |
| 27    | 0.894 | 0.906 | 0.923 | 0.935 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 28    | 0.896 | 0.908 | 0.924 | 0.936 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 29    | 0.898 | 0.910 | 0.926 | 0.937 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 30    | 0.900 | 0.912 | 0.927 | 0.939 | 0.967 | 0.983 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 31    | 0.902 | 0.914 | 0.929 | 0.940 | 0.967 | 0.983 | 0.986 | 0.988 | 0.990 |
| 32    | 0.904 | 0.915 | 0.930 | 0.941 | 0.968 | 0.983 | 0.986 | 0.988 | 0.990 |
| 33    | 0.906 | 0.917 | 0.931 | 0.942 | 0.968 | 0.983 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 34    | 0.908 | 0.919 | 0.933 | 0.943 | 0.969 | 0.983 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 35    | 0.910 | 0.920 | 0.934 | 0.944 | 0.969 | 0.984 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 36    | 0.912 | 0.922 | 0.935 | 0.945 | 0.970 | 0.984 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 37    | 0.914 | 0.924 | 0.936 | 0.946 | 0.970 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.990 |
| 38    | 0.916 | 0.925 | 0.938 | 0.947 | 0.971 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.990 |
| 39    | 0.917 | 0.927 | 0.939 | 0.948 | 0.971 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 40    | 0.919 | 0.928 | 0.940 | 0.949 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 41    | 0.920 | 0.929 | 0.941 | 0.950 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 42    | 0.922 | 0.930 | 0.942 | 0.951 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 43    | 0.923 | 0.932 | 0.943 | 0.951 | 0.973 | 0.985 | 0.987 | 0.990 | 0.991 |
| 44    | 0.924 | 0.933 | 0.944 | 0.952 | 0.973 | 0.985 | 0.987 | 0.990 | 0.991 |
| 45    | 0.926 | 0.934 | 0.945 | 0.953 | 0.973 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 46    | 0.927 | 0.935 | 0.945 | 0.953 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 47    | 0.928 | 0.936 | 0.946 | 0.954 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 48    | 0.929 | 0.937 | 0.947 | 0.954 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 49    | 0.929 | 0.939 | 0.947 | 0.955 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 50    | 0.930 | 0.938 | 0.947 | 0.955 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |

Figura 726 – Tabela de Shapiro-Wilk, de quartis e probabilidades (Fonte: pesquisador 2019)

Como  $ET = 0,788 < 0,905 \Rightarrow$  tem que se rejeitar a hipótese da distribuição normal de dados. Donde, partindo de uma distribuição que não é normal, não é garantida a validade do modelo a que se chegue, para estimativa do volume gerado de resíduos, e através de regressão linear múltipla. Mas a verdade é que, por um lado não estamos no domínio da estatística mas sim da engenharia, que é o mesmo que dizer que o mais importante é a praticidade dos resultados e a sua adesão à realidade, mesmo que isso possa implicar algum sacrifício do rigor matemático. Levando-se esse fato em consideração, prossegue-se no tratamento estatístico dos dados com o objetivo de chegar em um modelo matemático empírico que estime a geração de resíduos em obra.

Apesar de rejeitada a hipótese dos resíduos gerados seguirem uma distribuição normal, construiu-se um gráfico do tipo diagrama de caixa/"boxplot", que é uma forma rápida de se representar o conjunto de valores da variável dependente, no caso o volume gerados de resíduos nas obras, sua dispersão, e verificar a existência ou não de "outliers"/pontos discrepantes. Para tal propósito aproveitou-se a ordenação crescente dos resíduos gerados em obra anteriormente realizada, e aparente na figura 727, a qual se retoma a seguir.

| TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS(m <sup>3</sup> ) |      |
|--|------|
|  | 1019 |
|  | 1188 |
|  | 1235 |
|  | 1472 |
|  | 1951 |
|  | 2213 |
|  | 2287 |
|  | 2295 |
|  | 2353 |
|  | 2418 |
|  | 2448 |
|  | 2778 |
|  | 3150 |
|  | 3283 |
|  | 3428 |
|  | 3511 |
|  | 3925 |
|  | 4104 |
|  | 4347 |
|  | 8809 |

Figura 727 – Valores dos resíduos gerados na amostra de vinte obras, ordenados crescentemente (Fonte: pesquisador 2019)

Da tabela tira-se de forma imediata que:  $Q2 = \text{Mediana} = (2418+2448)/2 = 2433\text{m}^3$ ;  $Q1 = 1^\circ \text{ quartil} = (1951+2213)/2 = 2082\text{m}^3$ ;  $Q3 = 3^\circ \text{ quartil} = (3428+3511)/2 = 3469,5\text{m}^3$

Donde, 1,5 vezes a distância interquartil ( $Q3 - Q1$ ) virá: 2081,25

Somando-se essa distância a  $Q3$  vem que:  $LS = 5550,75\text{m}^3$ . Fácilmente se percebe que existem pontos discrepantes com valores de resíduos gerados acima de  $LS$  (no caso, o

valor de 8809 m<sup>3</sup>); por outro lado, se subtrairmos essa distância a Q1, vem: [2082 – 2081,25] = 0,75. Ou seja, o mínimo valor de resíduo gerado, 1019m<sup>3</sup>, é superior a esses 0,75m<sup>3</sup>. Logo, o gráfico do tipo “boxplot” vem conforme a figura 728.

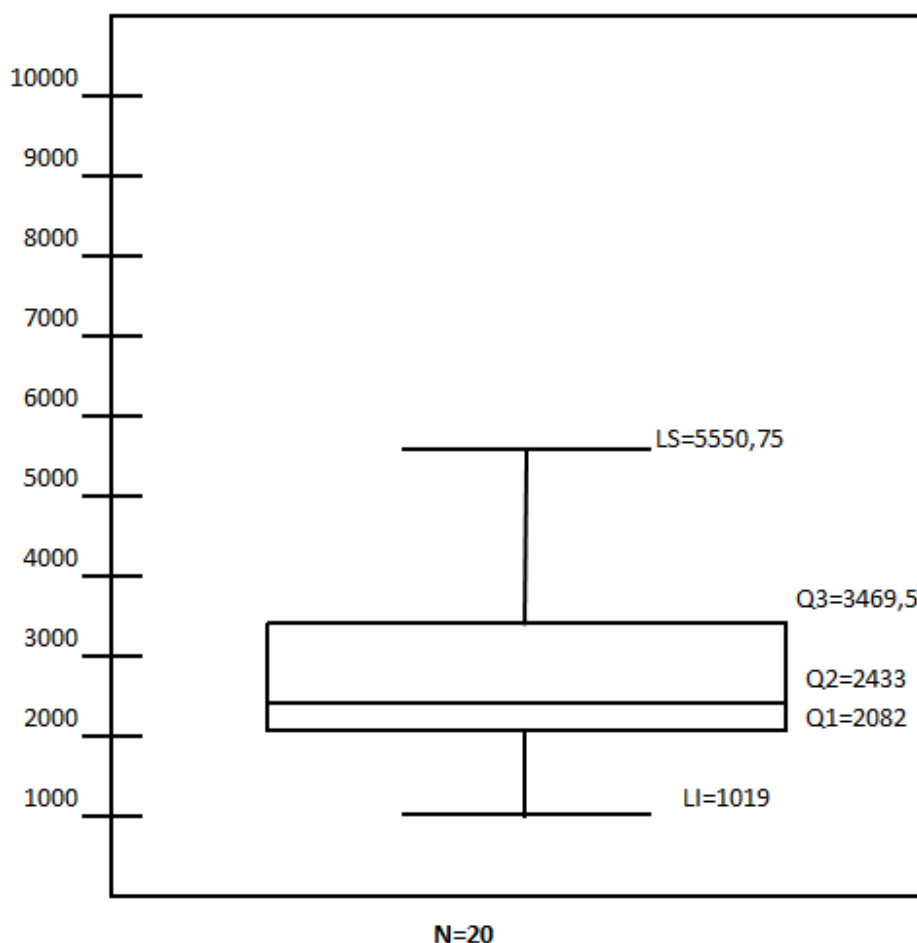


Figura 728 – Gráfico “boxplot” da variável dependente – volume de resíduos gerados  
(Fonte: pesquisador 2019)

O gráfico anterior mostra que a esmagadora maioria dos valores de resíduos gerados pelas obras pertencem à faixa central de valores (valores entre Q1 e Q3) da amostra, mas que existe um valor (8809m<sup>3</sup>) que está muito para lá do LS. Esse valor de 8809m<sup>3</sup> será então um “outlier”/ponto discrepante da distribuição, e poderá inclusive ser o responsável pelo fato de a distribuição de valores de resíduos gerados não seguir uma distribuição normal.

Para análise acerca da normalidade dos dados da variável dependente pode-se também realizar a construção de gráfico do tipo Q-Qplot, seguindo os procedimentos já anteriormente descritos no texto. Desse modo, se chegaria ao gráfico da figura 729.

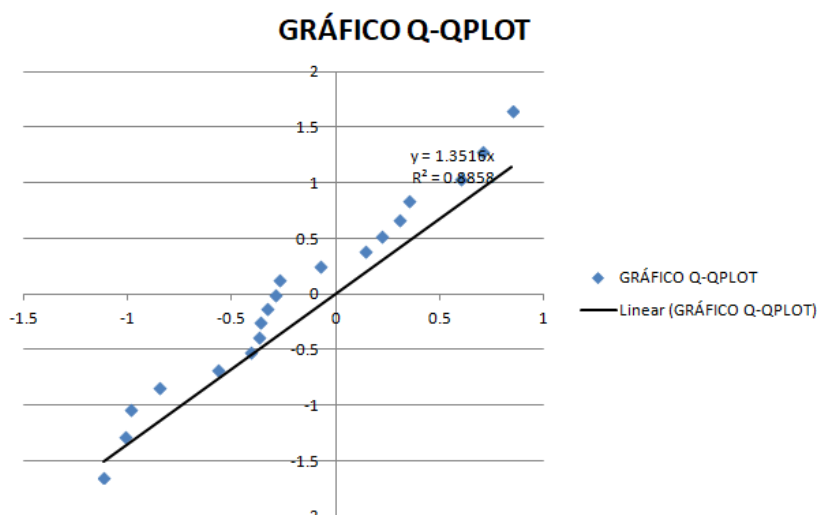


Figura 729 – Gráfico de probabilidade normal Q-Qplot para o volume total de resíduos gerados em obra (Fonte: pesquisador 2019)

O gráfico mostra que existe um afastamento que não é desprezável, entre os pontos referentes aos valores de resíduos gerados, e a reta de regressão correspondente a uma distribuição normal. É que, aqueles pontos, situam-se quase sempre acima da reta. Isso sugere a não normalidade dos dados de resíduos gerados pelas obras. No entanto, o valor do coeficiente de determinação  $R^2$  é de 0,8858, o que não deixa de ser um valor bastante elevado.

### 6.3.2.3 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES “X” DO MODELO

Em sequência à análise da variável dependente, procedeu-se à análise de cada uma das variáveis independentes. As variáveis independentes consideradas e analisadas foram: número total de pavimentos, relação/razão entre o número de pavimentos tipo e o número total de pavimentos (tipo/total), área total construída, área do pavimento tipo, índice econômico de capacidade (IeC), organização do canteiro, sistema produtivo, e reaproveitamento de resíduos em obra. Inicialmente foram elaborados gráficos de dispersão de alguns dos dados quantitativos versus a variável dependente com o intuito de visualizar uma possível relação de causa e efeito entre eles.

As figuras 730 e 731 mostram os gráficos de dispersão das variáveis “Número Total de Pavimentos” e razão “Número de pavimentos-tipo / Número total de pavimentos” em relação ao Volume Total de Resíduos Gerado ( $m^3$ ), respectivamente. Observa-se elevação no volume de resíduos gerado conforme aumenta o número total de pavimentos, assim como ocorre aumento do volume de resíduos gerado conforme aumenta a participação dos pavimentos-tipo sobre o número total de pavimentos.

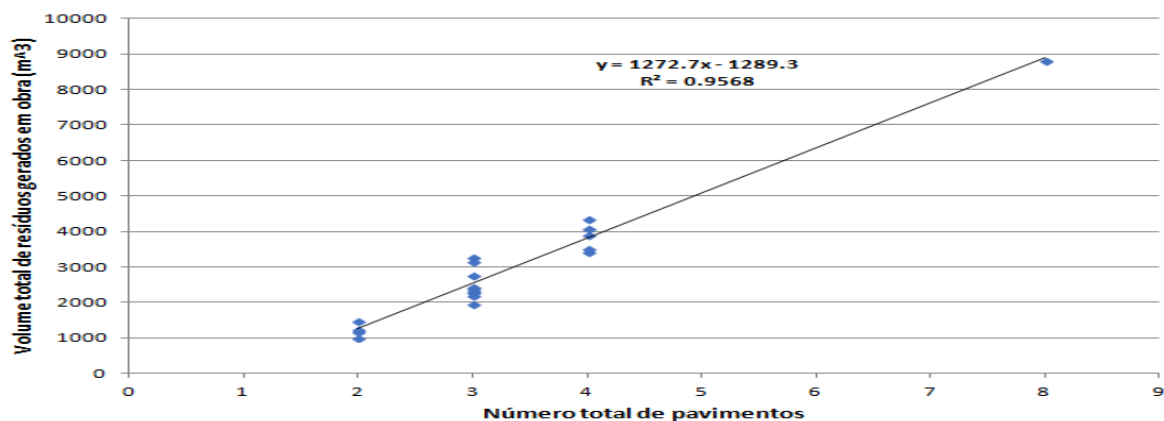


Figura 730 – Gráfico número total de pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

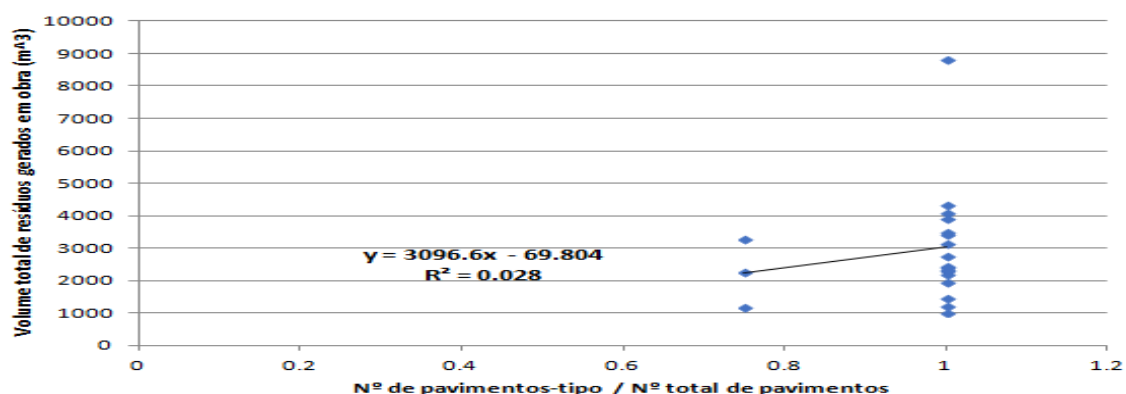


Figura 731 – Gráfico da variável N° Total de pavimentos-tipo / N° Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

As figuras 732, 733 e 734 mostram os gráficos de dispersão das variáveis “Índice Econômico de Compacidade”, “Densidade de Paredes Internas” e “Área Total Construída”, em relação ao Volume Total de Resíduos Gerados em Obra (m³) respectivamente.

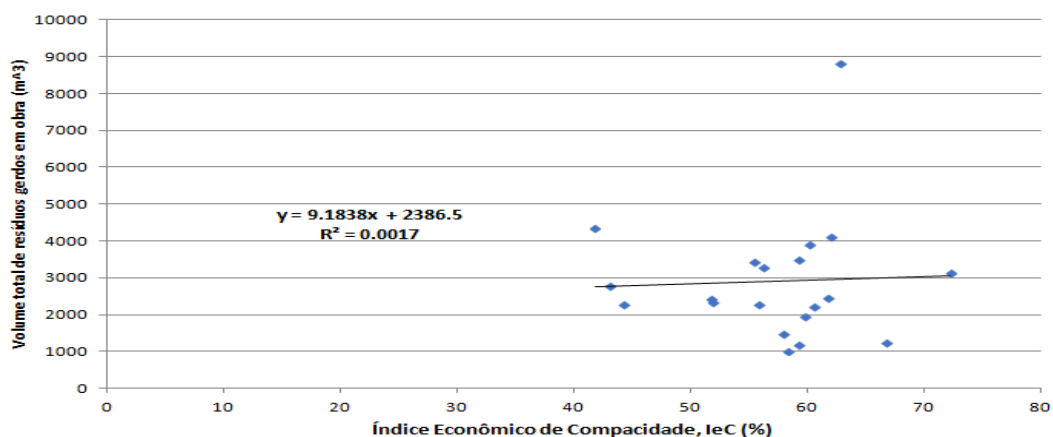


Figura 732 – Gráfico da variável Índice Econômico de Compacidade (IeC) (Fonte: pesquisador 2019)

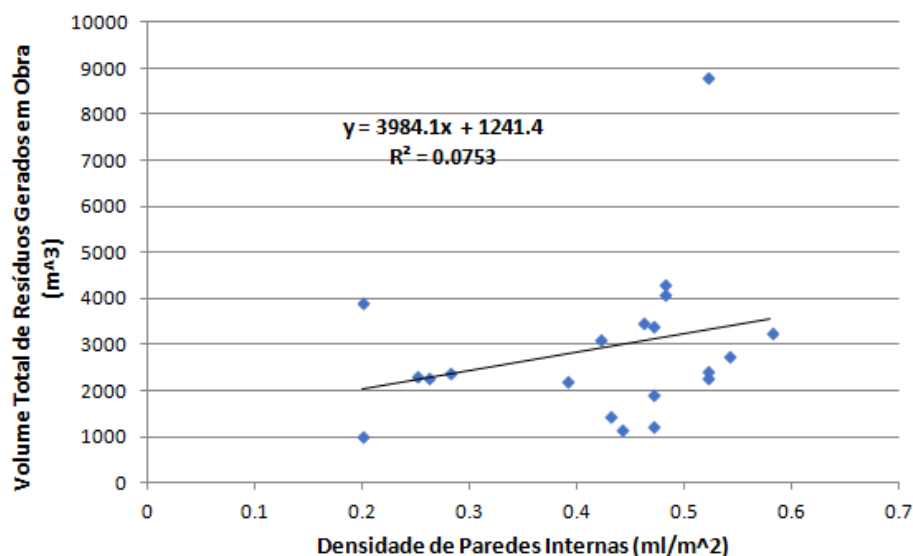


Figura 733 – Gráfico da variável Densidade de Paredes Internas (Fonte: pesquisador 2019)

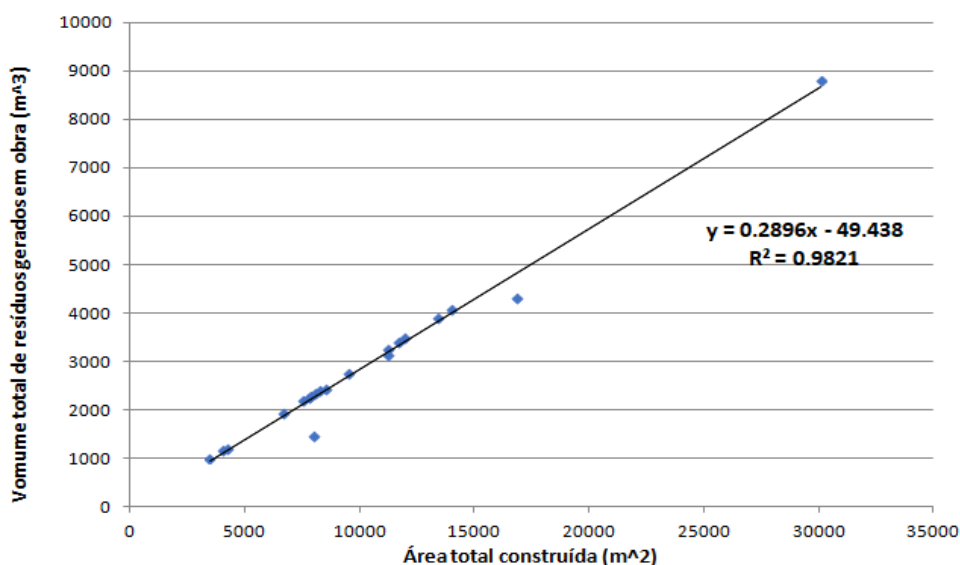


Figura 734 – Gráfico da variável Área Total Construída (Fonte: pesquisador 2019)

No gráfico da figura 732 pode-se notar a discreta variação do volume total de resíduos gerados em consequência do aumento do índice de compacidade, com um valor do coeficiente de determinação  $R^2$  próximo de zero, o que sugere uma influência quase nula da variável independente  $leC$  sobre a variável dependente volume total de resíduos gerados. No gráfico da figura 733 observa-se um crescimento do volume total de resíduos gerados conforme ocorre o aumento da densidade de paredes internas, o que é perfeitamente lógico. No gráfico da figura 734 é possível visualizar aumento do volume total de resíduos gerados em virtude do aumento da área total construída, o que também é perfeitamente justificável.

Dizer que em relação às variáveis de produção não se construíram este tipo de gráficos porque as mesmas são variáveis qualitativas, que quando transformadas em quantitativas assumem valores fixos, de acordo com escalas de valores previamente determinadas.

No gráfico da figura 735 observa-se uma diminuição do volume de resíduos gerados em função da área do pavimento-tipo, o que não deixa de ser uma situação um pouco surpreendente.

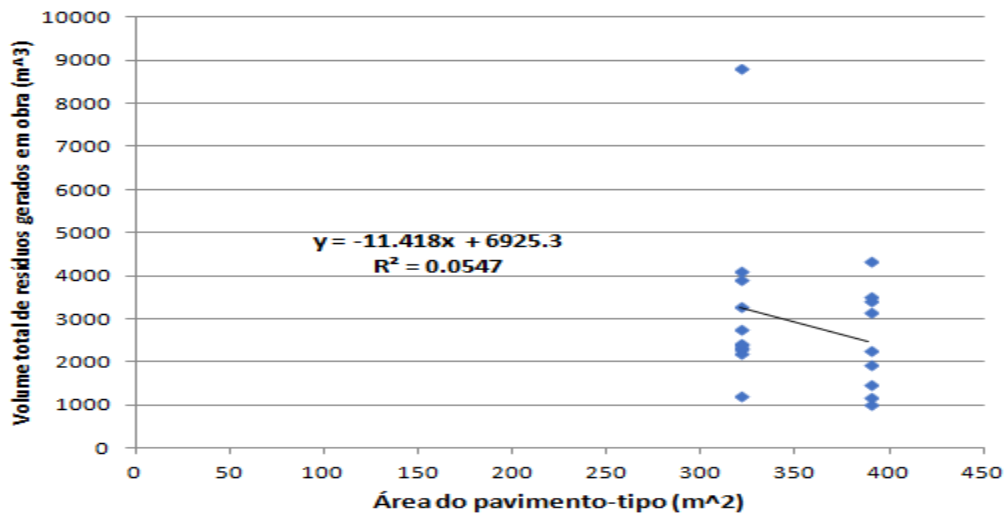


Figura 735 – Gráfico da variável Área do Pavimento-tipo (Fonte: pesquisador 2019)

Nos gráficos anteriores, e salvas as exceções das variáveis Número Total de Pavimentos e Área Total Construída, é possível observar que as variáveis independentes quando analisadas de maneira isolada em relação à variável dependente, obtiveram baixo coeficiente de determinação, o que reforça a necessidade da análise da influência das variáveis independentes em conjunto, sobre a variável de resposta (variável dependente).

Outra verificação importante na análise de relação entre variáveis consiste na análise de correlação. Esta permite verificar o grau de correlação e a sua direção, positiva ou negativa. Avaliar a correlação entre as variáveis independentes é conveniente, pois permite verificar a existência de multicolinearidade, que seriam duas variáveis que explicam o mesmo fenômeno, podendo ocasionar erro-padrão elevado na regressão.

#### 6.3.2.4 CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE VARIÁVEIS INDEPENDENTES DO MODELO

Calculando-se então os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis independentes do modelo, tem-se:

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Área Total Construída e Número Total de Pavimentos:

Comece-se por construir uma tabela com os valores da soma, da média, e do desvio em relação à média para cada uma dessas duas variáveis, conforme a figura 736 (Passos 1,2 e 3).

|              | <b>X</b>                          | <b>Y</b>                   |                         |                         |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>OBRA</b>  | <b>ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)</b> | <b>Nº TOTAL PAVIMENTOS</b> | <b>Desvio média (X)</b> | <b>Desvio média (Y)</b> |
| Obra 01      | 30088.86                          | 8                          | 19867.91                | 4.70                    |
| Obra 02      | 9488.80                           | 3                          | -732.14                 | -0.30                   |
| Obra 03      | 7839.02                           | 3                          | -2381.93                | -0.30                   |
| Obra 04      | 11213.72                          | 3                          | 992.78                  | -0.30                   |
| Obra 05      | 14018.01                          | 4                          | 3797.06                 | 0.70                    |
| Obra 06      | 11992.50                          | 4                          | 1771.56                 | 0.70                    |
| Obra 07      | 6664.02                           | 3                          | -3556.93                | -0.30                   |
| Obra 08      | 11709.00                          | 4                          | 1488.05                 | 0.70                    |
| Obra 09      | 4058.04                           | 2                          | -6162.91                | -1.30                   |
| Obra 10      | 7559.38                           | 3                          | -2661.57                | -0.30                   |
| Obra 11      | 4218.63                           | 2                          | -6002.32                | -1.30                   |
| Obra 12      | 8259.64                           | 3                          | -1961.31                | -0.30                   |
| Obra 13      | 13407.40                          | 4                          | 3186.45                 | 0.70                    |
| Obra 14      | 3480.84                           | 2                          | -6740.11                | -1.30                   |
| Obra 15      | 7812.24                           | 3                          | -2408.71                | -0.30                   |
| Obra 16      | 8037.70                           | 3                          | -2183.25                | -0.30                   |
| Obra 17      | 7991.53                           | 2                          | -2229.42                | -1.30                   |
| Obra 18      | 16852.89                          | 4                          | 6631.94                 | 0.70                    |
| Obra 19      | 8514.45                           | 3                          | -1706.50                | -0.30                   |
| Obra 20      | 11212.24                          | 3                          | 991.29                  | -0.30                   |
| <b>SOMA</b>  | <b>204418.91</b>                  | <b>66.00</b>               |                         |                         |
| <b>MÉDIA</b> | <b>10220.95</b>                   | <b>3.30</b>                |                         |                         |

Figura 736 – Soma, média e desvio em relação à média, para as variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

No seguimento determinam-se a covariação entre as duas variáveis, que será igual à soma dos produtos de desvios em relação às médias (entre as duas variáveis), e a covariância entre as mesmas duas variáveis também, usando a expressão:

**Covariância de amostras =  $[(1/(n-1)) * Covariação]$ .** Usando o Excel chegar-se-ia à tabela da figura 737 (Passos 4 e 5).



|         | X                          | Y                   |                  |                  |              |
|---------|----------------------------|---------------------|------------------|------------------|--------------|
| OBRA    | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(x) * d(y)  |
| Obra 01 | 30088.86                   | 8                   | 19867.91         | 4.70             | 93379.17581  |
| Obra 02 | 9488.80                    | 3                   | -732.14          | -0.30            | 219.6433734  |
| Obra 03 | 7839.02                    | 3                   | -2381.93         | -0.30            | 714.5789717  |
| Obra 04 | 11213.72                   | 3                   | 992.78           | -0.30            | -297.8338811 |
| Obra 05 | 14018.01                   | 4                   | 3797.06          | 0.70             | 2657.942706  |
| Obra 06 | 11992.50                   | 4                   | 1771.56          | 0.70             | 1240.090731  |
| Obra 07 | 6664.02                    | 3                   | -3556.93         | -0.30            | 1067.077714  |
| Obra 08 | 11709.00                   | 4                   | 1488.05          | 0.70             | 1041.63832   |
| Obra 09 | 4058.04                    | 2                   | -6162.91         | -1.30            | 8011.776835  |
| Obra 10 | 7559.38                    | 3                   | -2661.57         | -0.30            | 798.4695773  |
| Obra 11 | 4218.63                    | 2                   | -6002.32         | -1.30            | 7803.009835  |
| Obra 12 | 8259.64                    | 3                   | -1961.31         | -0.30            | 588.3915773  |
| Obra 13 | 13407.40                   | 4                   | 3186.45          | 0.70             | 2230.51832   |
| Obra 14 | 3480.84                    | 2                   | -6740.11         | -1.30            | 8762.136835  |
| Obra 15 | 7812.24                    | 3                   | -2408.71         | -0.30            | 722.6115773  |
| Obra 16 | 8037.70                    | 3                   | -2183.25         | -0.30            | 654.9735773  |
| Obra 17 | 7991.53                    | 2                   | -2229.42         | -1.30            | 2898.239835  |
| Obra 18 | 16852.89                   | 4                   | 6631.94          | 0.70             | 4642.36132   |
| Obra 19 | 8514.45                    | 3                   | -1706.50         | -0.30            | 511.9485773  |
| Obra 20 | 11212.24                   | 3                   | 991.29           | -0.30            | -297.3884227 |
| SOMA    | 204418.91                  | 66.00               |                  | COVARIANÇA       | 137349.3632  |
| MÉDIA   | 10220.95                   | 3.30                |                  | COVARIÂNCIA      | 7228.913852  |

Figura 737 – Covariação e covariância, entre as variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

No seguimento, e aproveitando os valores de algumas das colunas entretanto já preenchidos (usando o excel), calculam-se a variância de cada indivíduo de cada uma das duas variáveis (área total construída e número de pavimentos), sendo que essa variância do sujeito é igual ao quadrado do seu desvio em relação à respectiva média, e a variância total da própria variável, que não é mais que o somatório das variâncias de seus sujeitos dividido pelo número de sujeitos menos um.

Ou seja: Variância de cada indivíduo =  $(x_i - \bar{x})^2$

Variância total de cada variável =  $(\sum \text{variâncias de seus sujeitos}) / (n - 1)$

Donde, neste caso se chegaria à tabela da figura 738 (Passos 6 e 7).

|         | X                             | Y                      |                  |                  |              |               |               |                 |
|---------|-------------------------------|------------------------|------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| OBRA    | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL<br>PAVIMENTOS | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(x) * d(y)  | Variância (x) | Variância (y) |                 |
| Obra 01 | 30088.86                      | 8                      | 19867.91         | 4.70             | 93379.17581  | 394733837.68  | 22.09         |                 |
| Obra 02 | 9488.80                       | 3                      | -732.14          | -0.30            | 219.6433734  | 536035.68     | 0.09          |                 |
| Obra 03 | 7839.02                       | 3                      | -2381.93         | -0.30            | 714.5789717  | 5673590.08    | 0.09          |                 |
| Obra 04 | 11213.72                      | 3                      | 992.78           | -0.30            | -297.8338811 | 985611.34     | 0.09          |                 |
| Obra 05 | 14018.01                      | 4                      | 3797.06          | 0.70             | 2657.942706  | 14417672.30   | 0.49          |                 |
| Obra 06 | 11992.50                      | 4                      | 1771.56          | 0.70             | 1240.090731  | 3138418.41    | 0.49          |                 |
| Obra 07 | 6664.02                       | 3                      | -3556.93         | -0.30            | 1067.077714  | 12651720.53   | 0.09          |                 |
| Obra 08 | 11709.00                      | 4                      | 1488.05          | 0.70             | 1041.63832   | 2214306.92    | 0.49          |                 |
| Obra 09 | 4058.04                       | 2                      | -6162.91         | -1.30            | 8011.776835  | 37981401.21   | 1.69          |                 |
| Obra 10 | 7559.38                       | 3                      | -2661.57         | -0.30            | 798.4695773  | 7083929.62    | 0.09          |                 |
| Obra 11 | 4218.63                       | 2                      | -6002.32         | -1.30            | 7803.009835  | 36027788.45   | 1.69          |                 |
| Obra 12 | 8259.64                       | 3                      | -1961.31         | -0.30            | 588.3915773  | 3846718.31    | 0.09          |                 |
| Obra 13 | 13407.40                      | 4                      | 3186.45          | 0.70             | 2230.51832   | 10153493.83   | 0.49          |                 |
| Obra 14 | 3480.84                       | 2                      | -6740.11         | -1.30            | 8762.136835  | 45429018.88   | 1.69          |                 |
| Obra 15 | 7812.24                       | 3                      | -2408.71         | -0.30            | 722.6115773  | 5801861.02    | 0.09          |                 |
| Obra 16 | 8037.70                       | 3                      | -2183.25         | -0.30            | 654.9735773  | 4766559.85    | 0.09          |                 |
| Obra 17 | 7991.53                       | 2                      | -2229.42         | -1.30            | 2898.239835  | 4970292.39    | 1.69          |                 |
| Obra 18 | 16852.89                      | 4                      | 6631.94          | 0.70             | 4642.36132   | 43982691.07   | 0.49          |                 |
| Obra 19 | 8514.45                       | 3                      | -1706.50         | -0.30            | 511.9485773  | 2912126.06    | 0.09          |                 |
| Obra 20 | 11212.24                      | 3                      | 991.29           | -0.30            | -297.3884227 | 982665.27     | 0.09          |                 |
| SOMA    | 204418.91                     | 66.00                  |                  | COVARIANÇA       | 137349.3632  | 33594196.78   | 1.694736842   | VARIÂNCIA TOTAL |
| MÉDIA   | 10220.95                      | 3.30                   |                  | COVARIÂNCIA      | 7228.913852  |               |               |                 |

Figura 738 – Variância das variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

Depois, haverá que calcular o desvio-padrão de cada variável (que não é mais que a raiz quadrada da variância total da variável) e multiplicar os dois desvios-padrões um pelo outro. Usando o excel chegar-se-ia à tabela da figura 739 (Passos 8 e 9).

|         | X                          | Y                   |                  |                  |              |               |               |          |         |  |
|---------|----------------------------|---------------------|------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|----------|---------|--|
| OBRA    | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(x) * d(y)  | Variância (x) | Variância (y) |          |         |  |
| Obra 01 | 30088.86                   | 8                   | 19867.91         | 4.70             | 93379.17581  | 394733837.68  | 22.09         |          |         |  |
| Obra 02 | 9488.80                    | 3                   | -732.14          | -0.30            | 219.6433734  | 536035.68     | 0.09          |          |         |  |
| Obra 03 | 7839.02                    | 3                   | -2381.93         | -0.30            | 714.5789717  | 5673590.08    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 04 | 11213.72                   | 3                   | 992.78           | -0.30            | -297.8338811 | 985611.34     | 0.09          |          |         |  |
| Obra 05 | 14018.01                   | 4                   | 3797.06          | 0.70             | 2657.942706  | 14417672.30   | 0.49          |          |         |  |
| Obra 06 | 11992.50                   | 4                   | 1771.56          | 0.70             | 1240.090731  | 3138418.41    | 0.49          |          |         |  |
| Obra 07 | 6664.02                    | 3                   | -3556.93         | -0.30            | 1067.077714  | 12651720.53   | 0.09          |          |         |  |
| Obra 08 | 11709.00                   | 4                   | 1488.05          | 0.70             | 1041.63832   | 2214306.92    | 0.49          |          |         |  |
| Obra 09 | 4058.04                    | 2                   | -6162.91         | -1.30            | 8011.776835  | 37981401.21   | 1.69          |          |         |  |
| Obra 10 | 7559.38                    | 3                   | -2661.57         | -0.30            | 798.4695773  | 7083929.62    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 11 | 4218.63                    | 2                   | -6002.32         | -1.30            | 7803.009835  | 36027788.45   | 1.69          |          |         |  |
| Obra 12 | 8259.64                    | 3                   | -1961.31         | -0.30            | 588.3915773  | 3846718.31    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 13 | 13407.40                   | 4                   | 3186.45          | 0.70             | 2230.51832   | 10153493.83   | 0.49          |          |         |  |
| Obra 14 | 3480.84                    | 2                   | -6740.11         | -1.30            | 8762.136835  | 45429018.88   | 1.69          |          |         |  |
| Obra 15 | 7812.24                    | 3                   | -2408.71         | -0.30            | 722.6115773  | 5801861.02    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 16 | 8037.70                    | 3                   | -2183.25         | -0.30            | 654.9735773  | 4766559.85    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 17 | 7991.53                    | 2                   | -2229.42         | -1.30            | 2898.239835  | 4970292.39    | 1.69          |          |         |  |
| Obra 18 | 16852.89                   | 4                   | 6631.94          | 0.70             | 4642.36132   | 43982691.07   | 0.49          |          |         |  |
| Obra 19 | 8514.45                    | 3                   | -1706.50         | -0.30            | 511.9485773  | 2912126.06    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 20 | 11212.24                   | 3                   | 991.29           | -0.30            | -297.3884227 | 982665.27     | 0.09          |          |         |  |
| SOMA    | 204418.91                  | 66.00               |                  | COVARIANÇA       | 137349.3632  | 33594196.78   | 1.6947368     |          |         |  |
| MÉDIA   | 10220.95                   | 3.30                |                  | COVARIÂNCIA      | 7228.913852  | 5796.050102   | 1.3018206     | 7545.417 | sx * sy |  |

Figura 739 – Desvios-padrões de Área Total Construída e Nº Total de Pavimentos, e respectivo produto (Fonte: pesquisador 2019)

Finalmente, calcula-se o valor do coeficiente de correlação de Pearson (Passo 10) entre as duas variáveis através da expressão:

$$\text{Correlação de Pearson} = \text{Covariância(Passo 5)} / (\text{Desvio-padrão X} * \text{Desvio-padrão Y})$$

Usando o excel se chegaria à tabela da figura 740 (Passo 10).

|         | X                          | Y                   |                  |                  |              |               |               |          |         |  |
|---------|----------------------------|---------------------|------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|----------|---------|--|
| OBRA    | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Desvio média (X) | Desvio média (Y) | d(x) * d(y)  | Variância (x) | Variância (y) |          |         |  |
| Obra 01 | 30088.86                   | 8                   | 19867.91         | 4.70             | 93379.17581  | 394733837.68  | 22.09         |          |         |  |
| Obra 02 | 9488.80                    | 3                   | -732.14          | -0.30            | 219.6433734  | 536035.68     | 0.09          |          |         |  |
| Obra 03 | 7839.02                    | 3                   | -2381.93         | -0.30            | 714.5789717  | 5673590.08    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 04 | 11213.72                   | 3                   | 992.78           | -0.30            | -297.8338811 | 985611.34     | 0.09          |          |         |  |
| Obra 05 | 14018.01                   | 4                   | 3797.06          | 0.70             | 2657.942706  | 14417672.30   | 0.49          |          |         |  |
| Obra 06 | 11992.50                   | 4                   | 1771.56          | 0.70             | 1240.090731  | 3138418.41    | 0.49          |          |         |  |
| Obra 07 | 6664.02                    | 3                   | -3556.93         | -0.30            | 1067.077714  | 12651720.53   | 0.09          |          |         |  |
| Obra 08 | 11709.00                   | 4                   | 1488.05          | 0.70             | 1041.63832   | 2214306.92    | 0.49          |          |         |  |
| Obra 09 | 4058.04                    | 2                   | -6162.91         | -1.30            | 8011.776835  | 37981401.21   | 1.69          |          |         |  |
| Obra 10 | 7559.38                    | 3                   | -2661.57         | -0.30            | 798.4695773  | 7083929.62    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 11 | 4218.63                    | 2                   | -6002.32         | -1.30            | 7803.009835  | 36027788.45   | 1.69          |          |         |  |
| Obra 12 | 8259.64                    | 3                   | -1961.31         | -0.30            | 588.3915773  | 3846718.31    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 13 | 13407.40                   | 4                   | 3186.45          | 0.70             | 2230.51832   | 10153493.83   | 0.49          |          |         |  |
| Obra 14 | 3480.84                    | 2                   | -6740.11         | -1.30            | 8762.136835  | 45429018.88   | 1.69          |          |         |  |
| Obra 15 | 7812.24                    | 3                   | -2408.71         | -0.30            | 722.6115773  | 5801861.02    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 16 | 8037.70                    | 3                   | -2183.25         | -0.30            | 654.9735773  | 4766559.85    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 17 | 7991.53                    | 2                   | -2229.42         | -1.30            | 2898.239835  | 4970292.39    | 1.69          |          |         |  |
| Obra 18 | 16852.89                   | 4                   | 6631.94          | 0.70             | 4642.36132   | 43982691.07   | 0.49          |          |         |  |
| Obra 19 | 8514.45                    | 3                   | -1706.50         | -0.30            | 511.9485773  | 2912126.06    | 0.09          |          |         |  |
| Obra 20 | 11212.24                   | 3                   | 991.29           | -0.30            | -297.3884227 | 982665.27     | 0.09          |          |         |  |
| SOMA    | 204418.91                  | 66.00               |                  | COVARIANÇA       | 137349.3632  | 33594196.78   | 1.6947368     |          |         |  |
| MÉDIA   | 10220.95                   | 3.30                |                  | COVARIÂNCIA      | 7228.913852  | 5796.050102   | 1.3018206     | 7545.417 | sx * sy |  |
|         |                            |                     |                  | Rpearson         | 0.958053547  |               |               |          |         |  |

Figura 740 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Nº Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

No caso presente e com um valor de correlação de Pearson de 0,958 pode-se considerar que as variáveis independentes Área Total Construída e Número Total de Pavimentos têm uma correlação forte e positiva entre si.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo: no caso recorrer-se-à a um procedimento mais expedito que o anterior, usando uma função que o excel já possui e que permite chegar ao valor de correlação de Pearson de forma mais rápida. Assim parte-se da tabela da figura 741.

|         | X                          | Y                       |
|---------|----------------------------|-------------------------|
| OBRA    | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) |
| Obra 01 | 30088.86                   | 321                     |
| Obra 02 | 9488.80                    | 321                     |
| Obra 03 | 7839.02                    | 321                     |
| Obra 04 | 11213.72                   | 321                     |
| Obra 05 | 14018.01                   | 321                     |
| Obra 06 | 11992.50                   | 389                     |
| Obra 07 | 6664.02                    | 389                     |
| Obra 08 | 11709.00                   | 389                     |
| Obra 09 | 4058.04                    | 389                     |
| Obra 10 | 7559.38                    | 321                     |
| Obra 11 | 4218.63                    | 321                     |
| Obra 12 | 8259.64                    | 321                     |
| Obra 13 | 13407.40                   | 321                     |
| Obra 14 | 3480.84                    | 389                     |
| Obra 15 | 7812.24                    | 389                     |
| Obra 16 | 8037.70                    | 321                     |
| Obra 17 | 7991.53                    | 389                     |
| Obra 18 | 16852.89                   | 389                     |
| Obra 19 | 8514.45                    | 321                     |
| Obra 20 | 11212.24                   | 389                     |
| SOMA    | 204418.91                  | 7032.00                 |
| MÉDIA   | 10220.95                   | 351.60                  |

Figura 741 – Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo (Fonte: pesquisador 2019)

No seguimento, premindo o botão “fx” das fórmulas que o excel já tem prontas, e selecionando a opção estatísticas dentro da caixa de diálogo “Inserir função” que se nos abre, selecionando ainda PEARSON dentro do campo “Procurar por uma função” na referida caixa de diálogo e premindo “OK”, conforme a figura 742, abre-se uma nova caixa de diálogo com o título “Argumentos de função”.

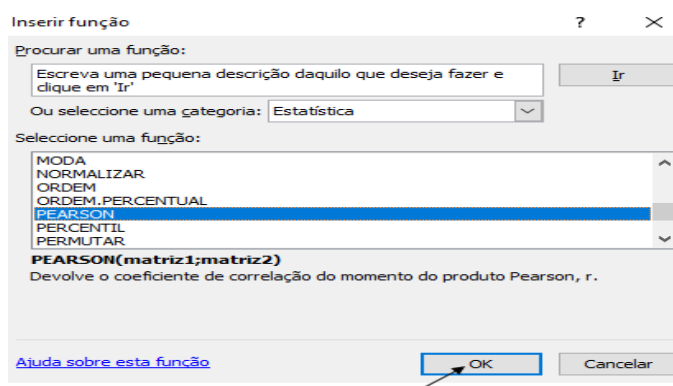


Figura 742 – Correlação de Pearson no Excel, entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo – Parte I de III (Fonte: pesquisador 2019)

Nessa nova caixa de diálogo, para preenchimento do campo “Matriz 1” selecionam-se os endereços das células onde estão os valores da variável X, por hipótese, e para preenchimento do campo “Matriz 2” os endereços das células onde estão os valores da variável Y. De seguida prime-se o botão “OK”.

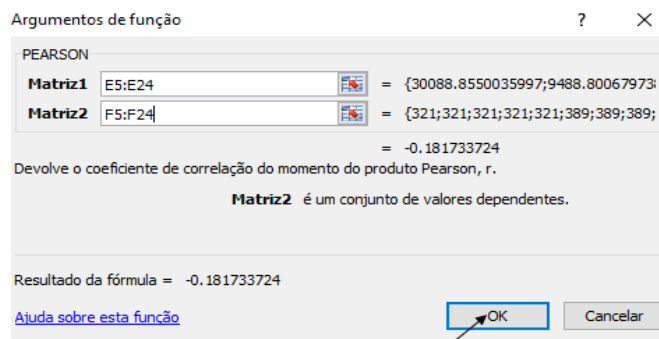


Figura 743 – Correlação de Pearson no Excel, entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo – Parte II de III (Fonte: pesquisador 2019)

Procedendo desse modo e no caso das variáveis independentes Área Total Construída e Área do Pavimento Tipo chega-se ao valor do coeficiente de correlação de Pearson que consta na tabela da figura 744.

|                 | X                          | Y                       |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| OBRA            | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) |
| Obra 01         | 30088.86                   | 321                     |
| Obra 02         | 9488.80                    | 321                     |
| Obra 03         | 7839.02                    | 321                     |
| Obra 04         | 11213.72                   | 321                     |
| Obra 05         | 14018.01                   | 321                     |
| Obra 06         | 11992.50                   | 389                     |
| Obra 07         | 6664.02                    | 389                     |
| Obra 08         | 11709.00                   | 389                     |
| Obra 09         | 4058.04                    | 389                     |
| Obra 10         | 7559.38                    | 321                     |
| Obra 11         | 4218.63                    | 321                     |
| Obra 12         | 8259.64                    | 321                     |
| Obra 13         | 13407.40                   | 321                     |
| Obra 14         | 3480.84                    | 389                     |
| Obra 15         | 7812.24                    | 389                     |
| Obra 16         | 8037.70                    | 321                     |
| Obra 17         | 7991.53                    | 389                     |
| Obra 18         | 16852.89                   | 389                     |
| Obra 19         | 8514.45                    | 321                     |
| Obra 20         | 11212.24                   | 389                     |
| SOMA            | 204418.91                  | 7032.00                 |
| MÉDIA           | 10220.95                   | 351.60                  |
| <b>Rpearson</b> | <b>-0.18173</b>            |                         |

Figura 744 – Correlação de Pearson no Excel, entre as variáveis Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo – Parte III de III (Fonte: pesquisador 2019)

No caso, o valor obtido de Rpearson = - 0,18173 mostra que as variáveis independentes Área Total Construída e Área do Pavimento-tipo têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos: procedendo-se de modo análogo ao descrito no caso anterior pode-se partir da tabela da figura 745 e chega-se ao coeficiente de correlação de Pearson entre as duas variáveis que consta na tabela da figura 746.

| OBRA    | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM |
|---------|----------------------------|-----------------------------------|
| Obra 01 | 30088.86                   | 1                                 |
| Obra 02 | 9488.80                    | 1                                 |
| Obra 03 | 7839.02                    | 1                                 |
| Obra 04 | 11213.72                   | 0.75                              |
| Obra 05 | 14018.01                   | 1                                 |
| Obra 06 | 11992.50                   | 1                                 |
| Obra 07 | 6664.02                    | 1                                 |
| Obra 08 | 11709.00                   | 1                                 |
| Obra 09 | 4058.04                    | 0.75                              |
| Obra 10 | 7559.38                    | 1                                 |
| Obra 11 | 4218.63                    | 1                                 |
| Obra 12 | 8259.64                    | 1                                 |
| Obra 13 | 13407.40                   | 1                                 |
| Obra 14 | 3480.84                    | 1                                 |
| Obra 15 | 7812.24                    | 0.75                              |
| Obra 16 | 8037.70                    | 1                                 |
| Obra 17 | 7991.53                    | 1                                 |
| Obra 18 | 16852.89                   | 1                                 |
| Obra 19 | 8514.45                    | 1                                 |
| Obra 20 | 11212.24                   | 1                                 |
| SOMA    | 204418.91                  | 19.25                             |
| MÉDIA   | 10220.95                   | 0.96                              |

Figura 745 – Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e razão Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

| OBRA            | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Obra 01         | 30088.86                   | 1                                 |
| Obra 02         | 9488.80                    | 1                                 |
| Obra 03         | 7839.02                    | 1                                 |
| Obra 04         | 11213.72                   | 0.75                              |
| Obra 05         | 14018.01                   | 1                                 |
| Obra 06         | 11992.50                   | 1                                 |
| Obra 07         | 6664.02                    | 1                                 |
| Obra 08         | 11709.00                   | 1                                 |
| Obra 09         | 4058.04                    | 0.75                              |
| Obra 10         | 7559.38                    | 1                                 |
| Obra 11         | 4218.63                    | 1                                 |
| Obra 12         | 8259.64                    | 1                                 |
| Obra 13         | 13407.40                   | 1                                 |
| Obra 14         | 3480.84                    | 1                                 |
| Obra 15         | 7812.24                    | 0.75                              |
| Obra 16         | 8037.70                    | 1                                 |
| Obra 17         | 7991.53                    | 1                                 |
| Obra 18         | 16852.89                   | 1                                 |
| Obra 19         | 8514.45                    | 1                                 |
| Obra 20         | 11212.24                   | 1                                 |
| SOMA            | 204418.91                  | 19.25                             |
| MÉDIA           | 10220.95                   | 0.96                              |
| <b>Rpearson</b> | <b>0.187855</b>            |                                   |

Figura 746 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e razão Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

Neste caso, o valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = 0,18786$  mostra que as variáveis independentes Área Total Construída e Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos têm entre si uma correlação fraca positiva.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Área Total Construída e Índice Econômico de Compacidade: usando de novo o procedimento expedito referido, e usando o excel, parte-se da tabela da figura 747 e chega-se na tabela da figura 748.

| OBRA    | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) |
|---------|----------------------------|-----------------------------------|
| Obra 01 | 30088.86                   | 62.83                             |
| Obra 02 | 9488.80                    | 43.12                             |
| Obra 03 | 7839.02                    | 44.23                             |
| Obra 04 | 11213.72                   | 56.31                             |
| Obra 05 | 14018.01                   | 62.09                             |
| Obra 06 | 11992.50                   | 59.23                             |
| Obra 07 | 6664.02                    | 59.85                             |
| Obra 08 | 11709.00                   | 55.47                             |
| Obra 09 | 4058.04                    | 59.27                             |
| Obra 10 | 7559.38                    | 60.58                             |
| Obra 11 | 4218.63                    | 66.82                             |
| Obra 12 | 8259.64                    | 51.77                             |
| Obra 13 | 13407.40                   | 60.17                             |
| Obra 14 | 3480.84                    | 58.31                             |
| Obra 15 | 7812.24                    | 55.89                             |
| Obra 16 | 8037.70                    | 51.93                             |
| Obra 17 | 7991.53                    | 57.91                             |
| Obra 18 | 16852.89                   | 41.85                             |
| Obra 19 | 8514.45                    | 61.74                             |
| Obra 20 | 11212.24                   | 72.27                             |
| SOMA    | 204418.91                  | 1141.64                           |
| MÉDIA   | 10220.95                   | 57.08                             |

Figura 747 – Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Índice Econômico de Compacidade, IeC (Fonte: pesquisador 2019)

| OBRA            | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Obra 01         | 30088.86                   | 62.83                             |
| Obra 02         | 9488.80                    | 43.12                             |
| Obra 03         | 7839.02                    | 44.23                             |
| Obra 04         | 11213.72                   | 56.31                             |
| Obra 05         | 14018.01                   | 62.09                             |
| Obra 06         | 11992.50                   | 59.23                             |
| Obra 07         | 6664.02                    | 59.85                             |
| Obra 08         | 11709.00                   | 55.47                             |
| Obra 09         | 4058.04                    | 59.27                             |
| Obra 10         | 7559.38                    | 60.58                             |
| Obra 11         | 4218.63                    | 66.82                             |
| Obra 12         | 8259.64                    | 51.77                             |
| Obra 13         | 13407.40                   | 60.17                             |
| Obra 14         | 3480.84                    | 58.31                             |
| Obra 15         | 7812.24                    | 55.89                             |
| Obra 16         | 8037.70                    | 51.93                             |
| Obra 17         | 7991.53                    | 57.91                             |
| Obra 18         | 16852.89                   | 41.85                             |
| Obra 19         | 8514.45                    | 61.74                             |
| Obra 20         | 11212.24                   | 72.27                             |
| SOMA            | 204418.91                  | 1141.64                           |
| MÉDIA           | 10220.95                   | 57.08                             |
| <b>Rpearson</b> | <b>0.016658</b>            |                                   |

Figura 748 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Índice Econômico de Compacidade, IeC (Fonte: pesquisador 2019)



Neste caso, o valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = 0,016658$  mostra que as variáveis independentes Área Total Construída e Índice Econômico de Compacidade têm entre si uma correlação ínfima positiva.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Área Total Construída e Densidade de paredes internas: usando de novo o mesmo procedimento, e através do excel, parte-se da tabela da figura 749 e chega-se na tabela 750.

| OBRA    | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | DENSIDADE DE<br>PAREDES INTERNAS |
|---------|-------------------------------|----------------------------------|
| Obra 01 | 30088.86                      | 0.52                             |
| Obra 02 | 9488.80                       | 0.54                             |
| Obra 03 | 7839.02                       | 0.52                             |
| Obra 04 | 11213.72                      | 0.58                             |
| Obra 05 | 14018.01                      | 0.48                             |
| Obra 06 | 11992.50                      | 0.46                             |
| Obra 07 | 6664.02                       | 0.47                             |
| Obra 08 | 11709.00                      | 0.47                             |
| Obra 09 | 4058.04                       | 0.44                             |
| Obra 10 | 7559.38                       | 0.39                             |
| Obra 11 | 4218.63                       | 0.47                             |
| Obra 12 | 8259.64                       | 0.28                             |
| Obra 13 | 13407.40                      | 0.2                              |
| Obra 14 | 3480.84                       | 0.2                              |
| Obra 15 | 7812.24                       | 0.26                             |
| Obra 16 | 8037.70                       | 0.25                             |
| Obra 17 | 7991.53                       | 0.43                             |
| Obra 18 | 16852.89                      | 0.48                             |
| Obra 19 | 8514.45                       | 0.52                             |
| Obra 20 | 11212.24                      | 0.42                             |
| SOMA    | 204418.91                     | 8.38                             |
| MÉDIA   | 10220.95                      | 0.42                             |

Figura 749 – Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Densidade de Paredes Internas (Fonte: pesquisador 2019)

| OBRA            | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | DENSIDADE DE<br>PAREDES INTERNAS |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Obra 01         | 30088.86                      | 0.52                             |
| Obra 02         | 9488.80                       | 0.54                             |
| Obra 03         | 7839.02                       | 0.52                             |
| Obra 04         | 11213.72                      | 0.58                             |
| Obra 05         | 14018.01                      | 0.48                             |
| Obra 06         | 11992.50                      | 0.46                             |
| Obra 07         | 6664.02                       | 0.47                             |
| Obra 08         | 11709.00                      | 0.47                             |
| Obra 09         | 4058.04                       | 0.44                             |
| Obra 10         | 7559.38                       | 0.39                             |
| Obra 11         | 4218.63                       | 0.47                             |
| Obra 12         | 8259.64                       | 0.28                             |
| Obra 13         | 13407.40                      | 0.2                              |
| Obra 14         | 3480.84                       | 0.2                              |
| Obra 15         | 7812.24                       | 0.26                             |
| Obra 16         | 8037.70                       | 0.25                             |
| Obra 17         | 7991.53                       | 0.43                             |
| Obra 18         | 16852.89                      | 0.48                             |
| Obra 19         | 8514.45                       | 0.52                             |
| Obra 20         | 11212.24                      | 0.42                             |
| SOMA            | 204418.91                     | 8.38                             |
| MÉDIA           | 10220.95                      | 0.42                             |
| <b>Rpearson</b> | <b>0.287161563</b>            |                                  |

Figura 750 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Densidade de Paredes Internas (Fonte: pesquisador 2019)



Neste caso, o valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = 0,287162$  mostra que as variáveis independentes Área Total Construída e Densidade de Paredes Internas têm entre si uma correlação fraca positiva.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Área Total Construída e Organização do Canteiro: usando o mesmo procedimento, parte-se da tabela da figura 751 e chega-se na tabela da figura 752.

| OBRA    | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | ORGANIZAÇ DO<br>CANTEIRO |
|---------|-------------------------------|--------------------------|
| Obra 01 | 30088.86                      | 4                        |
| Obra 02 | 9488.80                       | 4                        |
| Obra 03 | 7839.02                       | 3                        |
| Obra 04 | 11213.72                      | 3                        |
| Obra 05 | 14018.01                      | 2                        |
| Obra 06 | 11992.50                      | 5                        |
| Obra 07 | 6664.02                       | 5                        |
| Obra 08 | 11709.00                      | 4                        |
| Obra 09 | 4058.04                       | 4                        |
| Obra 10 | 7559.38                       | 3                        |
| Obra 11 | 4218.63                       | 3                        |
| Obra 12 | 8259.64                       | 4                        |
| Obra 13 | 13407.40                      | 4                        |
| Obra 14 | 3480.84                       | 3                        |
| Obra 15 | 7812.24                       | 4                        |
| Obra 16 | 8037.70                       | 4                        |
| Obra 17 | 7991.53                       | 4                        |
| Obra 18 | 16852.89                      | 3                        |
| Obra 19 | 8514.45                       | 3                        |
| Obra 20 | 11212.24                      | 3                        |
| SOMA    | 204418.91                     | 72.00                    |
| MÉDIA   | 10220.95                      | 3.60                     |

Figura 751 – Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Organização do Canteiro (Fonte: pesquisador 2019)

| OBRA            | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | ORGANIZAÇ DO<br>CANTEIRO |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|
| Obra 01         | 30088.86                      | 4                        |
| Obra 02         | 9488.80                       | 4                        |
| Obra 03         | 7839.02                       | 3                        |
| Obra 04         | 11213.72                      | 3                        |
| Obra 05         | 14018.01                      | 2                        |
| Obra 06         | 11992.50                      | 5                        |
| Obra 07         | 6664.02                       | 5                        |
| Obra 08         | 11709.00                      | 4                        |
| Obra 09         | 4058.04                       | 4                        |
| Obra 10         | 7559.38                       | 3                        |
| Obra 11         | 4218.63                       | 3                        |
| Obra 12         | 8259.64                       | 4                        |
| Obra 13         | 13407.40                      | 4                        |
| Obra 14         | 3480.84                       | 3                        |
| Obra 15         | 7812.24                       | 4                        |
| Obra 16         | 8037.70                       | 4                        |
| Obra 17         | 7991.53                       | 4                        |
| Obra 18         | 16852.89                      | 3                        |
| Obra 19         | 8514.45                       | 3                        |
| Obra 20         | 11212.24                      | 3                        |
| SOMA            | 204418.91                     | 72.00                    |
| MÉDIA           | 10220.95                      | 3.60                     |
| <b>Rpearson</b> | <b>0.018029042</b>            |                          |

Figura 752 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Organização do Canteiro (Fonte: pesquisador 2019)

Neste caso, o valor obtido de Rpearson = 0,018029 mostra que as variáveis independentes Área Total Construída e Organização do Canteiro têm entre si uma correlação ínfima positiva.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Área Total Construída e Sistema Produtivo: de novo e através do mesmo procedimento, parte-se da tabela da figura 753 e chega-se na tabela da figura 754.

| OBRA    | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | SISTEMA PRODUTIVO |
|---------|-------------------------------|-------------------|
| Obra 01 | 30088.86                      | 2                 |
| Obra 02 | 9488.80                       | 2                 |
| Obra 03 | 7839.02                       | 2                 |
| Obra 04 | 11213.72                      | 2                 |
| Obra 05 | 14018.01                      | 1                 |
| Obra 06 | 11992.50                      | 1                 |
| Obra 07 | 6664.02                       | 2                 |
| Obra 08 | 11709.00                      | 1                 |
| Obra 09 | 4058.04                       | 1                 |
| Obra 10 | 7559.38                       | 1                 |
| Obra 11 | 4218.63                       | 1                 |
| Obra 12 | 8259.64                       | 3                 |
| Obra 13 | 13407.40                      | 3                 |
| Obra 14 | 3480.84                       | 3                 |
| Obra 15 | 7812.24                       | 3                 |
| Obra 16 | 8037.70                       | 3                 |
| Obra 17 | 7991.53                       | 1                 |
| Obra 18 | 16852.89                      | 2                 |
| Obra 19 | 8514.45                       | 2                 |
| Obra 20 | 11212.24                      | 2                 |
| SOMA    | 204418.91                     | 38.00             |
| MÉDIA   | 10220.95                      | 1.90              |

Figura 753 – Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)

| OBRA     | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | SISTEMA PRODUTIVO |
|----------|-------------------------------|-------------------|
| Obra 01  | 30088.86                      | 2                 |
| Obra 02  | 9488.80                       | 2                 |
| Obra 03  | 7839.02                       | 2                 |
| Obra 04  | 11213.72                      | 2                 |
| Obra 05  | 14018.01                      | 1                 |
| Obra 06  | 11992.50                      | 1                 |
| Obra 07  | 6664.02                       | 2                 |
| Obra 08  | 11709.00                      | 1                 |
| Obra 09  | 4058.04                       | 1                 |
| Obra 10  | 7559.38                       | 1                 |
| Obra 11  | 4218.63                       | 1                 |
| Obra 12  | 8259.64                       | 3                 |
| Obra 13  | 13407.40                      | 3                 |
| Obra 14  | 3480.84                       | 3                 |
| Obra 15  | 7812.24                       | 3                 |
| Obra 16  | 8037.70                       | 3                 |
| Obra 17  | 7991.53                       | 1                 |
| Obra 18  | 16852.89                      | 2                 |
| Obra 19  | 8514.45                       | 2                 |
| Obra 20  | 11212.24                      | 2                 |
| SOMA     | 204418.91                     | 38.00             |
| MÉDIA    | 10220.95                      | 1.90              |
| Rpearson | -0.001237286                  |                   |

Figura 754 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)

Neste caso, o valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = -0,001237$  mostra que as variáveis independentes Área Total Construída e Sistema Produtivo têm entre si uma correlação ínfima negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Área Total Construída e Reaproveitamento de Resíduos: usando o mesmo procedimento, parte-se da tabela da figura 755 e chega-se na tabelada figura 756.

| OBRA    | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | REAPROV DE<br>RESÍDUOS EM OBRA |
|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Obra 01 | 30088.86                      | 0                              |
| Obra 02 | 9488.80                       | 0                              |
| Obra 03 | 7839.02                       | 1                              |
| Obra 04 | 11213.72                      | 1                              |
| Obra 05 | 14018.01                      | 0                              |
| Obra 06 | 11992.50                      | 0                              |
| Obra 07 | 6664.02                       | 0                              |
| Obra 08 | 11709.00                      | 0                              |
| Obra 09 | 4058.04                       | 0                              |
| Obra 10 | 7559.38                       | 1                              |
| Obra 11 | 4218.63                       | 1                              |
| Obra 12 | 8259.64                       | 1                              |
| Obra 13 | 13407.40                      | 1                              |
| Obra 14 | 3480.84                       | 1                              |
| Obra 15 | 7812.24                       | 1                              |
| Obra 16 | 8037.70                       | 1                              |
| Obra 17 | 7991.53                       | 0                              |
| Obra 18 | 16852.89                      | 1                              |
| Obra 19 | 8514.45                       | 0                              |
| Obra 20 | 11212.24                      | 0                              |
| SOMA    | 204418.91                     | 10.00                          |
| MÉDIA   | 10220.95                      | 0.50                           |

Figura 755 – Dados iniciais para determinação da Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

| OBRA                 | ÁREA TOTAL<br>CONSTRUÍDA (M2) | REAPROV DE<br>RESÍDUOS EM OBRA |
|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Obra 01              | 30088.86                      | 0                              |
| Obra 02              | 9488.80                       | 0                              |
| Obra 03              | 7839.02                       | 1                              |
| Obra 04              | 11213.72                      | 1                              |
| Obra 05              | 14018.01                      | 0                              |
| Obra 06              | 11992.50                      | 0                              |
| Obra 07              | 6664.02                       | 0                              |
| Obra 08              | 11709.00                      | 0                              |
| Obra 09              | 4058.04                       | 0                              |
| Obra 10              | 7559.38                       | 1                              |
| Obra 11              | 4218.63                       | 1                              |
| Obra 12              | 8259.64                       | 1                              |
| Obra 13              | 13407.40                      | 1                              |
| Obra 14              | 3480.84                       | 1                              |
| Obra 15              | 7812.24                       | 1                              |
| Obra 16              | 8037.70                       | 1                              |
| Obra 17              | 7991.53                       | 0                              |
| Obra 18              | 16852.89                      | 1                              |
| Obra 19              | 8514.45                       | 0                              |
| Obra 20              | 11212.24                      | 0                              |
| SOMA                 | 204418.91                     | 10.00                          |
| MÉDIA                | 10220.95                      | 0.50                           |
| $R_{\text{pearson}}$ | -0.23946355                   |                                |

Figura 756 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área Total Construída e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = -0,239463$  mostra que as variáveis independentes Área Total Construída e Reaproveitamento de Resíduos têm uma correlação fraca negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo: usando de novo o mesmo procedimento, se chegaria na tabela da figura 757.

| OBRA            | Nº TOTAL PAVIMENTOS | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) |
|-----------------|---------------------|-------------------------|
| Obra 01         | 8                   | 321                     |
| Obra 02         | 3                   | 321                     |
| Obra 03         | 3                   | 321                     |
| Obra 04         | 3                   | 321                     |
| Obra 05         | 4                   | 321                     |
| Obra 06         | 4                   | 389                     |
| Obra 07         | 3                   | 389                     |
| Obra 08         | 4                   | 389                     |
| Obra 09         | 2                   | 389                     |
| Obra 10         | 3                   | 321                     |
| Obra 11         | 2                   | 321                     |
| Obra 12         | 3                   | 321                     |
| Obra 13         | 4                   | 321                     |
| Obra 14         | 2                   | 389                     |
| Obra 15         | 3                   | 389                     |
| Obra 16         | 3                   | 321                     |
| Obra 17         | 2                   | 389                     |
| Obra 18         | 4                   | 389                     |
| Obra 19         | 3                   | 321                     |
| Obra 20         | 3                   | 389                     |
| SOMA            | 66                  | 7032                    |
| MÉDIA           | 3.3                 | 351.6                   |
| <b>Rpearson</b> | <b>-0.213861805</b> |                         |

Figura 757 – Correlação de Pearson entre as variáveis Nº Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo (Fonte: pesquisador 2019)

Neste caso, o valor obtido de Rpearson = - 0,213862 mostra que as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Índice Econômico de Compacidade: repetindo o mesmo procedimento, se chegaria na tabela da figura 758.

| OBRA            | Nº TOTAL PAVIMENTOS | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------|
| Obra 01         | 8                   | 62.83                             |
| Obra 02         | 3                   | 43.12                             |
| Obra 03         | 3                   | 44.23                             |
| Obra 04         | 3                   | 56.31                             |
| Obra 05         | 4                   | 62.09                             |
| Obra 06         | 4                   | 59.23                             |
| Obra 07         | 3                   | 59.85                             |
| Obra 08         | 4                   | 55.47                             |
| Obra 09         | 2                   | 59.27                             |
| Obra 10         | 3                   | 60.58                             |
| Obra 11         | 2                   | 66.82                             |
| Obra 12         | 3                   | 51.77                             |
| Obra 13         | 4                   | 60.17                             |
| Obra 14         | 2                   | 58.31                             |
| Obra 15         | 3                   | 55.89                             |
| Obra 16         | 3                   | 51.93                             |
| Obra 17         | 2                   | 57.91                             |
| Obra 18         | 4                   | 41.85                             |
| Obra 19         | 3                   | 61.74                             |
| Obra 20         | 3                   | 72.27                             |
| SOMA            | 66                  | 1141.64                           |
| MÉDIA           | 3.3                 | 57.082                            |
| <b>Rpearson</b> | <b>0.043389</b>     |                                   |

Figura 758 – Correlação de Pearson entre as variáveis Nº Total de Pavimentos e Índice Econômico de Compacidade (Fonte: pesquisador 2019)

Neste caso, o valor obtido de Rpearson = 0,043389 mostra que as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Índice Econômico de Compacidade têm entre si uma correlação ínfima positiva.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos): repetindo o mesmo procedimento, se chegaria na tabela da figura 759.

| OBRA            | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------|
| Obra 01         | 8                   | 1                                 |
| Obra 02         | 3                   | 1                                 |
| Obra 03         | 3                   | 1                                 |
| Obra 04         | 3                   | 0.75                              |
| Obra 05         | 4                   | 1                                 |
| Obra 06         | 4                   | 1                                 |
| Obra 07         | 3                   | 1                                 |
| Obra 08         | 4                   | 1                                 |
| Obra 09         | 2                   | 0.75                              |
| Obra 10         | 3                   | 1                                 |
| Obra 11         | 2                   | 1                                 |
| Obra 12         | 3                   | 1                                 |
| Obra 13         | 4                   | 1                                 |
| Obra 14         | 2                   | 1                                 |
| Obra 15         | 3                   | 0.75                              |
| Obra 16         | 3                   | 1                                 |
| Obra 17         | 2                   | 1                                 |
| Obra 18         | 4                   | 1                                 |
| Obra 19         | 3                   | 1                                 |
| Obra 20         | 3                   | 1                                 |
| SOMA            | 66                  | 19.25                             |
| MÉDIA           | 3.3                 | 0.9625                            |
| <b>Rpearson</b> | <b>0.209679308</b>  |                                   |

Figura 759 – Correlação de Pearson entre as variáveis Nº Total de Pavimentos e razão Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos (Fonte: pesquisador 2019)

Neste caso, o valor obtido de  $R_{pearson} = 0,209679$  mostra que as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) têm entre si uma correlação fraca positiva.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Densidade de Paredes Internas: repetindo o mesmo procedimento, se chegaria na tabela da figura 760.

| OBRA            | Nº TOTAL PAVIMENTOS | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|
| Obra 01         | 8                   | 0.52                          |
| Obra 02         | 3                   | 0.54                          |
| Obra 03         | 3                   | 0.52                          |
| Obra 04         | 3                   | 0.58                          |
| Obra 05         | 4                   | 0.48                          |
| Obra 06         | 4                   | 0.46                          |
| Obra 07         | 3                   | 0.47                          |
| Obra 08         | 4                   | 0.47                          |
| Obra 09         | 2                   | 0.44                          |
| Obra 10         | 3                   | 0.39                          |
| Obra 11         | 2                   | 0.47                          |
| Obra 12         | 3                   | 0.28                          |
| Obra 13         | 4                   | 0.2                           |
| Obra 14         | 2                   | 0.2                           |
| Obra 15         | 3                   | 0.26                          |
| Obra 16         | 3                   | 0.25                          |
| Obra 17         | 2                   | 0.43                          |
| Obra 18         | 4                   | 0.48                          |
| Obra 19         | 3                   | 0.52                          |
| Obra 20         | 3                   | 0.42                          |
| SOMA            | 66                  | 8.38                          |
| MÉDIA           | 3.3                 | 0.419                         |
| <b>Rpearson</b> | <b>0.220410213</b>  |                               |

Figura 760 – Correlação de Pearson entre as variáveis Nº Total de Pavimentos e Densidade de Paredes Internas (Fonte: pesquisador 2019)

Neste caso, o valor obtido de  $R_{pearson} = 0,220410$  mostra que as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Densidade de Paredes Internas têm entre si uma correlação fraca positiva.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Organização do Canteiro: repetindo o mesmo procedimento, se chegaria na tabela da figura 761.

| OBRA     | Nº TOTAL PAVIMENTOS | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO |
|----------|---------------------|-----------------------|
| Obra 01  | 8                   | 4                     |
| Obra 02  | 3                   | 4                     |
| Obra 03  | 3                   | 3                     |
| Obra 04  | 3                   | 3                     |
| Obra 05  | 4                   | 2                     |
| Obra 06  | 4                   | 5                     |
| Obra 07  | 3                   | 5                     |
| Obra 08  | 4                   | 4                     |
| Obra 09  | 2                   | 4                     |
| Obra 10  | 3                   | 3                     |
| Obra 11  | 2                   | 3                     |
| Obra 12  | 3                   | 4                     |
| Obra 13  | 4                   | 4                     |
| Obra 14  | 2                   | 3                     |
| Obra 15  | 3                   | 4                     |
| Obra 16  | 3                   | 4                     |
| Obra 17  | 2                   | 4                     |
| Obra 18  | 4                   | 3                     |
| Obra 19  | 3                   | 3                     |
| Obra 20  | 3                   | 3                     |
| SOMA     | 66                  | 72                    |
| MÉDIA    | 3.3                 | 3.6                   |
| Rpearson | 0.12869789          |                       |

Figura 761 – Correlação de Pearson entre as variáveis Nº Total de Pavimentos e Organização do Canteiro (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = 0,128698 mostra que as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Organização de Canteiro têm entre si uma correlação fraca positiva.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Sistema Produtivo: repetindo o mesmo procedimento, se chegaria na tabela da figura 762.

| OBRA     | Nº TOTAL PAVIMENTOS | SISTEMA PRODUTIVO |
|----------|---------------------|-------------------|
| Obra 01  | 8                   | 2                 |
| Obra 02  | 3                   | 2                 |
| Obra 03  | 3                   | 2                 |
| Obra 04  | 3                   | 2                 |
| Obra 05  | 4                   | 1                 |
| Obra 06  | 4                   | 1                 |
| Obra 07  | 3                   | 2                 |
| Obra 08  | 4                   | 1                 |
| Obra 09  | 2                   | 1                 |
| Obra 10  | 3                   | 1                 |
| Obra 11  | 2                   | 1                 |
| Obra 12  | 3                   | 3                 |
| Obra 13  | 4                   | 3                 |
| Obra 14  | 2                   | 3                 |
| Obra 15  | 3                   | 3                 |
| Obra 16  | 3                   | 3                 |
| Obra 17  | 2                   | 1                 |
| Obra 18  | 4                   | 2                 |
| Obra 19  | 3                   | 2                 |
| Obra 20  | 3                   | 2                 |
| SOMA     | 66                  | 38                |
| MÉDIA    | 3.3                 | 1.9               |
| Rpearson | 0.030780971         |                   |

Figura 762 – Correlação de Pearson entre as variáveis Nº Total de Pavimentos e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = 0,030781 mostra que as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Sistema Produtivo têm entre si uma correlação ínfima positiva.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Reaproveitamento de Resíduos: repetindo o mesmo procedimento, se chegaria na tabela da figura 763.

| OBRA     | Nº TOTAL PAVIMENTOS | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA |
|----------|---------------------|-----------------------------|
| Obra 01  | 8                   | 0                           |
| Obra 02  | 3                   | 0                           |
| Obra 03  | 3                   | 1                           |
| Obra 04  | 3                   | 1                           |
| Obra 05  | 4                   | 0                           |
| Obra 06  | 4                   | 0                           |
| Obra 07  | 3                   | 0                           |
| Obra 08  | 4                   | 0                           |
| Obra 09  | 2                   | 0                           |
| Obra 10  | 3                   | 1                           |
| Obra 11  | 2                   | 1                           |
| Obra 12  | 3                   | 1                           |
| Obra 13  | 4                   | 1                           |
| Obra 14  | 2                   | 1                           |
| Obra 15  | 3                   | 1                           |
| Obra 16  | 3                   | 1                           |
| Obra 17  | 2                   | 0                           |
| Obra 18  | 4                   | 1                           |
| Obra 19  | 3                   | 0                           |
| Obra 20  | 3                   | 0                           |
| SOMA     | 66                  | 10                          |
| MÉDIA    | 3.3                 | 0.5                         |
| Rpearson | -0.236433122        |                             |

Figura 763 – Correlação de Pearson entre as variáveis Nº Total de Pavimentos e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,236433 mostra que as variáveis independentes Número Total de Pavimentos e Reaproveitamento de Resíduos em Obra têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos): neste caso se chegaria na tabela da figura 764.

| OBRA     | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) |
|----------|-----------------------------------|-------------------------|
| Obra 01  | 1                                 | 321                     |
| Obra 02  | 1                                 | 321                     |
| Obra 03  | 1                                 | 321                     |
| Obra 04  | 0.75                              | 321                     |
| Obra 05  | 1                                 | 321                     |
| Obra 06  | 1                                 | 389                     |
| Obra 07  | 1                                 | 389                     |
| Obra 08  | 1                                 | 389                     |
| Obra 09  | 0.75                              | 389                     |
| Obra 10  | 1                                 | 321                     |
| Obra 11  | 1                                 | 321                     |
| Obra 12  | 1                                 | 321                     |
| Obra 13  | 1                                 | 321                     |
| Obra 14  | 1                                 | 389                     |
| Obra 15  | 0.75                              | 389                     |
| Obra 16  | 1                                 | 321                     |
| Obra 17  | 1                                 | 389                     |
| Obra 18  | 1                                 | 389                     |
| Obra 19  | 1                                 | 321                     |
| Obra 20  | 1                                 | 389                     |
| SOMA     | 19.25                             | 7032                    |
| MÉDIA    | 0.9625                            | 351.6                   |
| Rpearson | -0.182953477                      |                         |

Figura 764 – Correlação de Pearson entre as variáveis razão Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,182953 mostra que as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Índice Econômico de Compacidade: neste caso se chegaria na tabela da figura 765.

| OBRA     | ÁREA DO PAVIM-<br>TIPO (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE<br>COMPACIDADE (IeC) |
|----------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Obra 01  | 321                         | 62.83                                |
| Obra 02  | 321                         | 43.12                                |
| Obra 03  | 321                         | 44.23                                |
| Obra 04  | 321                         | 56.31                                |
| Obra 05  | 321                         | 62.09                                |
| Obra 06  | 389                         | 59.23                                |
| Obra 07  | 389                         | 59.85                                |
| Obra 08  | 389                         | 55.47                                |
| Obra 09  | 389                         | 59.27                                |
| Obra 10  | 321                         | 60.58                                |
| Obra 11  | 321                         | 66.82                                |
| Obra 12  | 321                         | 51.77                                |
| Obra 13  | 321                         | 60.17                                |
| Obra 14  | 389                         | 58.31                                |
| Obra 15  | 389                         | 55.89                                |
| Obra 16  | 321                         | 51.93                                |
| Obra 17  | 389                         | 57.91                                |
| Obra 18  | 389                         | 41.85                                |
| Obra 19  | 321                         | 61.74                                |
| Obra 20  | 389                         | 72.27                                |
| SOMA     | 7032                        | 1141.64                              |
| MÉDIA    | 351.6                       | 57.082                               |
| Rpearson | 0.085623486                 |                                      |

Figura 765 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área do Pavimento-tipo e Índice Econômico de Compacidade (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = 0,085623 mostra que as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Índice Econômico de Compacidade têm entre si uma correlação ínfima positiva.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Densidade de Paredes Internas: neste caso se chegaria na tabela da figura 766.

| OBRA     | ÁREA DO PAVIM-<br>TIPO (M2) | DENSIDADE DE<br>PAREDES INTERNAS |
|----------|-----------------------------|----------------------------------|
| Obra 01  | 321                         | 0.52                             |
| Obra 02  | 321                         | 0.54                             |
| Obra 03  | 321                         | 0.52                             |
| Obra 04  | 321                         | 0.58                             |
| Obra 05  | 321                         | 0.48                             |
| Obra 06  | 389                         | 0.46                             |
| Obra 07  | 389                         | 0.47                             |
| Obra 08  | 389                         | 0.47                             |
| Obra 09  | 389                         | 0.44                             |
| Obra 10  | 321                         | 0.39                             |
| Obra 11  | 321                         | 0.47                             |
| Obra 12  | 321                         | 0.28                             |
| Obra 13  | 321                         | 0.2                              |
| Obra 14  | 389                         | 0.2                              |
| Obra 15  | 389                         | 0.26                             |
| Obra 16  | 321                         | 0.25                             |
| Obra 17  | 389                         | 0.43                             |
| Obra 18  | 389                         | 0.48                             |
| Obra 19  | 321                         | 0.52                             |
| Obra 20  | 389                         | 0.42                             |
| SOMA     | 7032                        | 8.38                             |
| MÉDIA    | 351.6                       | 0.419                            |
| Rpearson | -0.124628982                |                                  |

Figura 766 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área do Pavimento-tipo e Densidade de Paredes Internas (Fonte: pesquisador 2019)



O valor obtido de Rpearson = - 0,124629 mostra que as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Densidade de Paredes Internas têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Organização de canteiro: neste caso se chegaria na tabela da figura 767.

| OBRA     | ÁREA DO PAVIM-<br>TIPO (M2) | ORGANIZAÇ DO<br>CANTEIRO |
|----------|-----------------------------|--------------------------|
| Obra 01  | 321                         | 4                        |
| Obra 02  | 321                         | 4                        |
| Obra 03  | 321                         | 3                        |
| Obra 04  | 321                         | 3                        |
| Obra 05  | 321                         | 2                        |
| Obra 06  | 389                         | 5                        |
| Obra 07  | 389                         | 5                        |
| Obra 08  | 389                         | 4                        |
| Obra 09  | 389                         | 4                        |
| Obra 10  | 321                         | 3                        |
| Obra 11  | 321                         | 3                        |
| Obra 12  | 321                         | 4                        |
| Obra 13  | 321                         | 4                        |
| Obra 14  | 389                         | 3                        |
| Obra 15  | 389                         | 4                        |
| Obra 16  | 321                         | 4                        |
| Obra 17  | 389                         | 4                        |
| Obra 18  | 389                         | 3                        |
| Obra 19  | 321                         | 3                        |
| Obra 20  | 389                         | 3                        |
| SOMA     | 7032                        | 72                       |
| MÉDIA    | 321                         | 4                        |
| Rpearson | 0.355597641                 |                          |

Figura 767 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área do Pavimento-tipo e Organização do Canteiro (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = 0,355598 mostra que as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Organização do Canteiro têm entre si uma correlação fraca positiva.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Sistema Produtivo: neste caso se chegaria na tabela da figura 768.

| OBRA     | ÁREA DO PAVIM-<br>TIPO (M2) | SISTEMA PRODUTIVO |
|----------|-----------------------------|-------------------|
| Obra 01  | 321                         | 2                 |
| Obra 02  | 321                         | 2                 |
| Obra 03  | 321                         | 2                 |
| Obra 04  | 321                         | 2                 |
| Obra 05  | 321                         | 1                 |
| Obra 06  | 389                         | 1                 |
| Obra 07  | 389                         | 2                 |
| Obra 08  | 389                         | 1                 |
| Obra 09  | 389                         | 1                 |
| Obra 10  | 321                         | 1                 |
| Obra 11  | 321                         | 1                 |
| Obra 12  | 321                         | 3                 |
| Obra 13  | 321                         | 3                 |
| Obra 14  | 389                         | 3                 |
| Obra 15  | 389                         | 3                 |
| Obra 16  | 321                         | 3                 |
| Obra 17  | 389                         | 1                 |
| Obra 18  | 389                         | 2                 |
| Obra 19  | 321                         | 2                 |
| Obra 20  | 389                         | 2                 |
| SOMA     | 7032                        | 38                |
| MÉDIA    | 351.6                       | 1.9               |
| Rpearson | -0.1439293                  |                   |

Figura 768 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área do Pavimento-tipo e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,143929 mostra que as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Sistema Produtivo têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Reaproveitamento de Resíduos: neste caso se chegaria na tabela da figura 769 a seguir.

| OBRA     | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA |
|----------|-------------------------|-----------------------------|
| Obra 01  | 321                     | 0                           |
| Obra 02  | 321                     | 0                           |
| Obra 03  | 321                     | 1                           |
| Obra 04  | 321                     | 1                           |
| Obra 05  | 321                     | 0                           |
| Obra 06  | 389                     | 0                           |
| Obra 07  | 389                     | 0                           |
| Obra 08  | 389                     | 0                           |
| Obra 09  | 389                     | 1                           |
| Obra 10  | 321                     | 1                           |
| Obra 11  | 321                     | 1                           |
| Obra 12  | 321                     | 1                           |
| Obra 13  | 321                     | 1                           |
| Obra 14  | 389                     | 1                           |
| Obra 15  | 389                     | 1                           |
| Obra 16  | 321                     | 1                           |
| Obra 17  | 389                     | 0                           |
| Obra 18  | 389                     | 1                           |
| Obra 19  | 321                     | 0                           |
| Obra 20  | 389                     | 0                           |
| SOMA     | 7032                    | 10                          |
| MÉDIA    | 351.6                   | 0.5                         |
| Rpearson | -0.30151134             |                             |

Figura 769 – Correlação de Pearson entre as variáveis Área do Pavimento-tipo e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,301511 mostra que as variáveis independentes Área do Pavimento-tipo e Reaproveitamento de Resíduos em Obra têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes razão (Número Total de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Índice Econômico de Compacidade: neste caso se chegaria na tabela da figura 770.

| OBRA     | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Obra 01  | 1                                 | 62.83                             |
| Obra 02  | 1                                 | 43.12                             |
| Obra 03  | 1                                 | 44.23                             |
| Obra 04  | 0.75                              | 56.31                             |
| Obra 05  | 1                                 | 62.09                             |
| Obra 06  | 1                                 | 59.23                             |
| Obra 07  | 1                                 | 59.85                             |
| Obra 08  | 1                                 | 55.47                             |
| Obra 09  | 0.75                              | 59.27                             |
| Obra 10  | 1                                 | 60.58                             |
| Obra 11  | 1                                 | 66.82                             |
| Obra 12  | 1                                 | 51.77                             |
| Obra 13  | 1                                 | 60.17                             |
| Obra 14  | 1                                 | 58.31                             |
| Obra 15  | 0.75                              | 55.89                             |
| Obra 16  | 1                                 | 51.93                             |
| Obra 17  | 1                                 | 57.91                             |
| Obra 18  | 1                                 | 41.85                             |
| Obra 19  | 1                                 | 61.74                             |
| Obra 20  | 1                                 | 72.27                             |
| SOMA     | 19.25                             | 1141.64                           |
| MÉDIA    | 0.9625                            | 57.082                            |
| Rpearson | -0.004233567                      |                                   |

Figura 770 – Correlação de Pearson entre as variáveis razão Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos e Índice Econômico de Compacidade (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,004234 mostra que as variáveis independentes razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Índice Econômico de Compacidade têm entre si uma correlação ínfima negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes razão (Número Total de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Densidade de Paredes Internas: neste caso se chegaria na tabela da figura 771.

| OBRA     | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS |
|----------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Obra 01  | 1                                 | 0.52                          |
| Obra 02  | 1                                 | 0.54                          |
| Obra 03  | 1                                 | 0.52                          |
| Obra 04  | 0.75                              | 0.58                          |
| Obra 05  | 1                                 | 0.48                          |
| Obra 06  | 1                                 | 0.46                          |
| Obra 07  | 1                                 | 0.47                          |
| Obra 08  | 1                                 | 0.47                          |
| Obra 09  | 0.75                              | 0.44                          |
| Obra 10  | 1                                 | 0.39                          |
| Obra 11  | 1                                 | 0.47                          |
| Obra 12  | 1                                 | 0.28                          |
| Obra 13  | 1                                 | 0.2                           |
| Obra 14  | 1                                 | 0.2                           |
| Obra 15  | 0.75                              | 0.26                          |
| Obra 16  | 1                                 | 0.25                          |
| Obra 17  | 1                                 | 0.43                          |
| Obra 18  | 1                                 | 0.48                          |
| Obra 19  | 1                                 | 0.52                          |
| Obra 20  | 1                                 | 0.42                          |
| SOMA     | 19.25                             | 8.38                          |
| MÉDIA    | 0.9625                            | 0.419                         |
| Rpearson | -0.028324371                      |                               |

Figura 771 – Correlação de Pearson entre as variáveis razão Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos e Densidade de Paredes Internas (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,0283244 mostra que as variáveis independentes razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Densidade de Paredes Internas têm entre si uma correlação ínfima negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes razão (Número Total de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Organização do Canteiro: neste caso se chegaria na tabela da figura 772.

| OBRA     | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO |
|----------|-----------------------------------|-----------------------|
| Obra 01  | 1                                 | 4                     |
| Obra 02  | 1                                 | 4                     |
| Obra 03  | 1                                 | 3                     |
| Obra 04  | 0.75                              | 3                     |
| Obra 05  | 1                                 | 2                     |
| Obra 06  | 1                                 | 5                     |
| Obra 07  | 1                                 | 5                     |
| Obra 08  | 1                                 | 4                     |
| Obra 09  | 0.75                              | 4                     |
| Obra 10  | 1                                 | 3                     |
| Obra 11  | 1                                 | 3                     |
| Obra 12  | 1                                 | 4                     |
| Obra 13  | 1                                 | 4                     |
| Obra 14  | 1                                 | 3                     |
| Obra 15  | 0.75                              | 4                     |
| Obra 16  | 1                                 | 4                     |
| Obra 17  | 1                                 | 4                     |
| Obra 18  | 1                                 | 3                     |
| Obra 19  | 1                                 | 3                     |
| Obra 20  | 1                                 | 3                     |
| SOMA     | 19.25                             | 72                    |
| MÉDIA    | 0.9625                            | 3.6                   |
| Rpearson | -0.038110797                      |                       |

Figura 772 – Correlação de Pearson entre as variáveis razão Nº de Pavimentos-tipo/ Nº Total de Pavimentos e Organização do Canteiro (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de  $R_{pearson} = -0,038111$  mostra que as variáveis razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Organização do Canteiro têm entre si uma correlação ínfima negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes razão (Número Total de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Sistema Produtivo: neste caso se chegaria na tabela da figura 773.

| OBRA            | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | SISTEMA PRODUTIVO |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------|
| Obra 01         | 1                                 | 2                 |
| Obra 02         | 1                                 | 2                 |
| Obra 03         | 1                                 | 2                 |
| Obra 04         | 0.75                              | 2                 |
| Obra 05         | 1                                 | 1                 |
| Obra 06         | 1                                 | 1                 |
| Obra 07         | 1                                 | 2                 |
| Obra 08         | 1                                 | 1                 |
| Obra 09         | 0.75                              | 1                 |
| Obra 10         | 1                                 | 1                 |
| Obra 11         | 1                                 | 1                 |
| Obra 12         | 1                                 | 3                 |
| Obra 13         | 1                                 | 3                 |
| Obra 14         | 1                                 | 3                 |
| Obra 15         | 0.75                              | 3                 |
| Obra 16         | 1                                 | 3                 |
| Obra 17         | 1                                 | 1                 |
| Obra 18         | 1                                 | 2                 |
| Obra 19         | 1                                 | 2                 |
| Obra 20         | 1                                 | 2                 |
| SOMA            | 19.25                             | 38                |
| MÉDIA           | 0.9625                            | 1.9               |
| <b>Rpearson</b> | <b>-0.0546903</b>                 |                   |

Figura 773 – Correlação de Pearson entre as variáveis razão Nº de Pavimentos-tipo/ Nº Total de Pavimentos e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de  $R_{pearson} = -0,054690$  mostra que as variáveis independentes razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Sistema Produtivo têm entre si uma correlação ínfima negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes razão (Número Total de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Reaproveitamento de Resíduos: neste caso se chegaria na tabela da figura 774.

| OBRA            | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Obra 01         | 1                                 | 0                           |
| Obra 02         | 1                                 | 0                           |
| Obra 03         | 1                                 | 1                           |
| Obra 04         | 0.75                              | 1                           |
| Obra 05         | 1                                 | 0                           |
| Obra 06         | 1                                 | 0                           |
| Obra 07         | 1                                 | 0                           |
| Obra 08         | 1                                 | 0                           |
| Obra 09         | 0.75                              | 0                           |
| Obra 10         | 1                                 | 1                           |
| Obra 11         | 1                                 | 1                           |
| Obra 12         | 1                                 | 1                           |
| Obra 13         | 1                                 | 1                           |
| Obra 14         | 1                                 | 1                           |
| Obra 15         | 0.75                              | 1                           |
| Obra 16         | 1                                 | 1                           |
| Obra 17         | 1                                 | 0                           |
| Obra 18         | 1                                 | 1                           |
| Obra 19         | 1                                 | 0                           |
| Obra 20         | 1                                 | 0                           |
| SOMA            | 19.25                             | 10                          |
| MÉDIA           | 0.9625                            | 0.5                         |
| <b>Rpearson</b> | <b>-0.140028</b>                  |                             |

Figura 774 – Correlação de Pearson entre as variáveis razão Nº de Pavimentos-tipo/ Nº Total de Pavimentos e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,140028 mostra que as variáveis independentes razão (Número de Pavimentos-tipo / Número Total de Pavimentos) e Reaproveitamento de Resíduos em Obra têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Densidade de Paredes Internas: se chegaria na tabela da figura 775.

| OBRA     | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS |
|----------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Obra 01  | 62.83                             | 0.52                          |
| Obra 02  | 43.12                             | 0.54                          |
| Obra 03  | 44.23                             | 0.52                          |
| Obra 04  | 56.31                             | 0.58                          |
| Obra 05  | 62.09                             | 0.48                          |
| Obra 06  | 59.23                             | 0.46                          |
| Obra 07  | 59.85                             | 0.47                          |
| Obra 08  | 55.47                             | 0.47                          |
| Obra 09  | 59.27                             | 0.44                          |
| Obra 10  | 60.58                             | 0.39                          |
| Obra 11  | 66.82                             | 0.47                          |
| Obra 12  | 51.77                             | 0.28                          |
| Obra 13  | 60.17                             | 0.2                           |
| Obra 14  | 58.31                             | 0.2                           |
| Obra 15  | 55.89                             | 0.26                          |
| Obra 16  | 51.93                             | 0.25                          |
| Obra 17  | 57.91                             | 0.43                          |
| Obra 18  | 41.85                             | 0.48                          |
| Obra 19  | 61.74                             | 0.52                          |
| Obra 20  | 72.27                             | 0.42                          |
| SOMA     | 1141.64                           | 8.38                          |
| MÉDIA    | 57.082                            | 0.419                         |
| Rpearson | -0.072323255                      |                               |

Figura 775 – Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Densidade de Paredes Internas (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,072323 mostra que as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Densidade de Paredes Internas têm entre si uma correlação ínfima negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Organização do Canteiro: neste caso se chegaria na tabela da figura 776.

| OBRA     | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO |
|----------|-----------------------------------|-----------------------|
| Obra 01  | 62.83                             | 4                     |
| Obra 02  | 43.12                             | 4                     |
| Obra 03  | 44.23                             | 3                     |
| Obra 04  | 56.31                             | 3                     |
| Obra 05  | 62.09                             | 2                     |
| Obra 06  | 59.23                             | 5                     |
| Obra 07  | 59.85                             | 5                     |
| Obra 08  | 55.47                             | 4                     |
| Obra 09  | 59.27                             | 4                     |
| Obra 10  | 60.58                             | 3                     |
| Obra 11  | 66.82                             | 3                     |
| Obra 12  | 51.77                             | 4                     |
| Obra 13  | 60.17                             | 4                     |
| Obra 14  | 58.31                             | 3                     |
| Obra 15  | 55.89                             | 4                     |
| Obra 16  | 51.93                             | 4                     |
| Obra 17  | 57.91                             | 4                     |
| Obra 18  | 41.85                             | 3                     |
| Obra 19  | 61.74                             | 3                     |
| Obra 20  | 72.27                             | 3                     |
| SOMA     | 1141.64                           | 72                    |
| MÉDIA    | 57.082                            | 3.6                   |
| Rpearson | -0.09692453                       |                       |

Figura 776 – Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Organização do Canteiro (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = -0,096925$  mostra que as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Organização do Canteiro têm entre si uma correlação ínfima negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Sistema Produtivo: neste caso se chegaria na tabela da figura 777.

| OBRA            | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | SISTEMA PRODUTIVO |
|-----------------|-----------------------------------|-------------------|
| Obra 01         | 62.83                             | 2                 |
| Obra 02         | 43.12                             | 2                 |
| Obra 03         | 44.23                             | 2                 |
| Obra 04         | 56.31                             | 2                 |
| Obra 05         | 62.09                             | 1                 |
| Obra 06         | 59.23                             | 1                 |
| Obra 07         | 59.85                             | 2                 |
| Obra 08         | 55.47                             | 1                 |
| Obra 09         | 59.27                             | 1                 |
| Obra 10         | 60.58                             | 1                 |
| Obra 11         | 66.82                             | 1                 |
| Obra 12         | 51.77                             | 3                 |
| Obra 13         | 60.17                             | 3                 |
| Obra 14         | 58.31                             | 3                 |
| Obra 15         | 55.89                             | 3                 |
| Obra 16         | 51.93                             | 3                 |
| Obra 17         | 57.91                             | 1                 |
| Obra 18         | 41.85                             | 2                 |
| Obra 19         | 61.74                             | 2                 |
| Obra 20         | 72.27                             | 2                 |
| SOMA            | 1141.64                           | 38                |
| MÉDIA           | 57.082                            | 1.9               |
| <b>Rpearson</b> | <b>-0.255986721</b>               |                   |

Figura 777 – Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = -0,255987$  mostra que as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Sistema Produtivo têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Reaproveitamento de Resíduos: se chegaria na tabela da figura 778.

| OBRA            | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Obra 01         | 62.83                             | 0                           |
| Obra 02         | 43.12                             | 0                           |
| Obra 03         | 44.23                             | 1                           |
| Obra 04         | 56.31                             | 1                           |
| Obra 05         | 62.09                             | 0                           |
| Obra 06         | 59.23                             | 0                           |
| Obra 07         | 59.85                             | 0                           |
| Obra 08         | 55.47                             | 0                           |
| Obra 09         | 59.27                             | 0                           |
| Obra 10         | 60.58                             | 1                           |
| Obra 11         | 66.82                             | 1                           |
| Obra 12         | 51.77                             | 1                           |
| Obra 13         | 60.17                             | 1                           |
| Obra 14         | 58.31                             | 1                           |
| Obra 15         | 55.89                             | 1                           |
| Obra 16         | 51.93                             | 1                           |
| Obra 17         | 57.91                             | 0                           |
| Obra 18         | 41.85                             | 1                           |
| Obra 19         | 61.74                             | 0                           |
| Obra 20         | 72.27                             | 0                           |
| SOMA            | 1141.64                           | 10                          |
| MÉDIA           | 57.082                            | 0.5                         |
| <b>Rpearson</b> | <b>-0.309895589</b>               |                             |

Figura 778 – Correlação de Pearson entre as variáveis Índice Econômico de Compacidade e Reaproveitamento de Resíduos em obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,309896 mostra que as variáveis independentes Índice Econômico de Compacidade e Reaproveitamento de Resíduos em Obra têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Densidade de Paredes Internas e Organização do Canteiro: neste caso se chegaria na tabela da figura 779.

| OBRA     | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO |
|----------|-------------------------------|-----------------------|
| Obra 01  | 0.52                          | 4                     |
| Obra 02  | 0.54                          | 4                     |
| Obra 03  | 0.52                          | 3                     |
| Obra 04  | 0.58                          | 3                     |
| Obra 05  | 0.48                          | 2                     |
| Obra 06  | 0.46                          | 5                     |
| Obra 07  | 0.47                          | 5                     |
| Obra 08  | 0.47                          | 4                     |
| Obra 09  | 0.44                          | 4                     |
| Obra 10  | 0.39                          | 3                     |
| Obra 11  | 0.47                          | 3                     |
| Obra 12  | 0.28                          | 4                     |
| Obra 13  | 0.2                           | 4                     |
| Obra 14  | 0.2                           | 3                     |
| Obra 15  | 0.26                          | 4                     |
| Obra 16  | 0.25                          | 4                     |
| Obra 17  | 0.43                          | 4                     |
| Obra 18  | 0.48                          | 3                     |
| Obra 19  | 0.52                          | 3                     |
| Obra 20  | 0.42                          | 3                     |
| SOMA     | 8.38                          | 72                    |
| MÉDIA    | 0.419                         | 3.6                   |
| Rpearson | -0.15438687                   |                       |

Figura 779 – Correlação de Pearson entre as variáveis Densidade de Paredes Internas e Organização do Canteiro (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,154387 mostra que as variáveis independentes Densidade de Paredes Internas e Organização do Canteiro têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coeficiente de correlação entre as variáveis independentes Densidade de Paredes Internas e Sistema Produtivo: neste caso se chegaria na tabela da figura 780.

| OBRA     | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | SISTEMA PRODUTIVO |
|----------|-------------------------------|-------------------|
| Obra 01  | 0.52                          | 2                 |
| Obra 02  | 0.54                          | 2                 |
| Obra 03  | 0.52                          | 2                 |
| Obra 04  | 0.58                          | 2                 |
| Obra 05  | 0.48                          | 1                 |
| Obra 06  | 0.46                          | 1                 |
| Obra 07  | 0.47                          | 2                 |
| Obra 08  | 0.47                          | 1                 |
| Obra 09  | 0.44                          | 1                 |
| Obra 10  | 0.39                          | 1                 |
| Obra 11  | 0.47                          | 1                 |
| Obra 12  | 0.28                          | 3                 |
| Obra 13  | 0.2                           | 3                 |
| Obra 14  | 0.2                           | 3                 |
| Obra 15  | 0.26                          | 3                 |
| Obra 16  | 0.25                          | 3                 |
| Obra 17  | 0.43                          | 1                 |
| Obra 18  | 0.48                          | 2                 |
| Obra 19  | 0.52                          | 2                 |
| Obra 20  | 0.42                          | 2                 |
| SOMA     | 8.38                          | 38                |
| MÉDIA    | 0.419                         | 1.9               |
| Rpearson | -0.636599536                  |                   |

Figura 780 – Correlação de Pearson entre as variáveis Densidade de Paredes Internas e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,636600 mostra que as variáveis independentes Densidade de Paredes Internas e Sistema Produtivo têm entre si uma correlação moderada negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Densidade de Paredes Internas e Reaproveitamento de Resíduos: neste caso se chegaria na tabela da figura 781.

| OBRA     | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA |
|----------|-------------------------------|-----------------------------|
| Obra 01  | 0.52                          | 0                           |
| Obra 02  | 0.54                          | 0                           |
| Obra 03  | 0.52                          | 1                           |
| Obra 04  | 0.58                          | 1                           |
| Obra 05  | 0.48                          | 0                           |
| Obra 06  | 0.46                          | 0                           |
| Obra 07  | 0.47                          | 0                           |
| Obra 08  | 0.47                          | 0                           |
| Obra 09  | 0.44                          | 0                           |
| Obra 10  | 0.39                          | 1                           |
| Obra 11  | 0.47                          | 1                           |
| Obra 12  | 0.28                          | 1                           |
| Obra 13  | 0.2                           | 1                           |
| Obra 14  | 0.2                           | 1                           |
| Obra 15  | 0.26                          | 1                           |
| Obra 16  | 0.25                          | 1                           |
| Obra 17  | 0.43                          | 0                           |
| Obra 18  | 0.48                          | 1                           |
| Obra 19  | 0.52                          | 0                           |
| Obra 20  | 0.42                          | 0                           |
| SOMA     | 8.38                          | 10                          |
| MÉDIA    | 0.419                         | 0.5                         |
| Rpearson | -0.492499234                  |                             |

Figura 781 – Correlação de Pearson entre as variáveis Densidade de Paredes Internas e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,492499 mostra que as variáveis independentes Densidade de Paredes Internas e Reaproveitamento de Resíduos em Obra têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Organização do Canteiro e Sistema Produtivo: neste caso se chegaria na tabela da figura 782.

| OBRA     | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO | SISTEMA PRODUTIVO |
|----------|-----------------------|-------------------|
| Obra 01  | 4                     | 2                 |
| Obra 02  | 4                     | 2                 |
| Obra 03  | 3                     | 2                 |
| Obra 04  | 3                     | 2                 |
| Obra 05  | 2                     | 1                 |
| Obra 06  | 5                     | 1                 |
| Obra 07  | 5                     | 2                 |
| Obra 08  | 4                     | 1                 |
| Obra 09  | 4                     | 1                 |
| Obra 10  | 3                     | 1                 |
| Obra 11  | 3                     | 1                 |
| Obra 12  | 4                     | 3                 |
| Obra 13  | 4                     | 3                 |
| Obra 14  | 3                     | 3                 |
| Obra 15  | 4                     | 3                 |
| Obra 16  | 4                     | 3                 |
| Obra 17  | 4                     | 1                 |
| Obra 18  | 3                     | 2                 |
| Obra 19  | 3                     | 2                 |
| Obra 20  | 3                     | 2                 |
| SOMA     | 72                    | 38                |
| MÉDIA    | 3.6                   | 1.9               |
| Rpearson | 0.106298801           |                   |

Figura 782 – Correlação de Pearson entre as variáveis Organização do Canteiro e Sistema Produtivo (Fonte: pesquisador 2019)



O valor obtido de Rpearson = 0,106299 mostra que as variáveis independentes Organização do Canteiro e Sistema Produtivo têm entre si uma correlação fraca positiva.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Organização do Canteiro e Reaproveitamento de Resíduos: se chegaria na tabela da figura 783.

| OBRA     | ORGANIZAÇ DO<br>CANTEIRO | REAPROV DE<br>RESÍDUOS EM OBRA |
|----------|--------------------------|--------------------------------|
| Obra 01  | 4                        | 0                              |
| Obra 02  | 4                        | 0                              |
| Obra 03  | 3                        | 1                              |
| Obra 04  | 3                        | 1                              |
| Obra 05  | 2                        | 0                              |
| Obra 06  | 5                        | 0                              |
| Obra 07  | 5                        | 0                              |
| Obra 08  | 4                        | 0                              |
| Obra 09  | 4                        | 0                              |
| Obra 10  | 3                        | 1                              |
| Obra 11  | 3                        | 1                              |
| Obra 12  | 4                        | 1                              |
| Obra 13  | 4                        | 1                              |
| Obra 14  | 3                        | 1                              |
| Obra 15  | 4                        | 1                              |
| Obra 16  | 4                        | 1                              |
| Obra 17  | 4                        | 0                              |
| Obra 18  | 3                        | 1                              |
| Obra 19  | 3                        | 0                              |
| Obra 20  | 3                        | 0                              |
| SOMA     | 72                       | 10                             |
| MÉDIA    | 3.6                      | 0.5                            |
| Rpearson | -0.27216553              |                                |

Figura 783 – Correlação de Pearson entre as variáveis Organização do Canteiro e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de Rpearson = - 0,272166 mostra que as variáveis independentes Organização do Canteiro e Reaproveitamento de Resíduos em Obra têm entre si uma correlação fraca negativa.

- Coefficiente de correlação entre as variáveis independentes Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos: neste caso se chegaria na tabela da figura 784.

| OBRA     | REAPROV DE<br>RESÍDUOS EM OBRA | SISTEMA<br>PRODUTIVO |
|----------|--------------------------------|----------------------|
| Obra 01  | 0                              | 2                    |
| Obra 02  | 0                              | 2                    |
| Obra 03  | 1                              | 2                    |
| Obra 04  | 1                              | 2                    |
| Obra 05  | 0                              | 1                    |
| Obra 06  | 0                              | 1                    |
| Obra 07  | 0                              | 2                    |
| Obra 08  | 0                              | 1                    |
| Obra 09  | 0                              | 1                    |
| Obra 10  | 1                              | 1                    |
| Obra 11  | 1                              | 1                    |
| Obra 12  | 1                              | 3                    |
| Obra 13  | 1                              | 3                    |
| Obra 14  | 1                              | 3                    |
| Obra 15  | 1                              | 3                    |
| Obra 16  | 1                              | 3                    |
| Obra 17  | 0                              | 1                    |
| Obra 18  | 1                              | 2                    |
| Obra 19  | 0                              | 2                    |
| Obra 20  | 0                              | 2                    |
| SOMA     | 10                             | 38                   |
| MÉDIA    | 0.5                            | 1.9                  |
| Rpearson | 0.520755644                    |                      |

Figura 784 – Correlação de Pearson entre as variáveis Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos em Obra (Fonte: pesquisador 2019)

O valor obtido de  $R_{\text{pearson}} = 0,520756$  mostra que as variáveis independentes Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos em Obra têm entre si uma correlação moderada positiva.

A classificação das correlações é feita com base na tabela da figura 785.

| Coefficiente de Correlação | Correlação        |
|----------------------------|-------------------|
| $r = 1$                    | Perfeita Positiva |
| $0,8 \leq r < 1$           | Forte Positiva    |
| $0,5 \leq r < 0,8$         | Moderada Positiva |
| $0,1 \leq r < 0,5$         | Fraca Positiva    |
| $0 < r < 0,1$              | Ínfima Positiva   |
| 0                          | Nula              |
| $-0,1 < r < 0$             | Ínfima Negativa   |
| $-0,5 < r \leq -0,1$       | Fraca Negativa    |
| $-0,8 < r \leq -0,5$       | Moderada Negativa |
| $-1 < r \leq -0,8$         | Forte Negativa    |
| $r = -1$                   | Perfeita Negativa |

Figura 785 – Tipos de correlações (Fonte: pesquisador 2019)

A tabela da figura 786 sintetiza os resultados obtidos para os valores de correlação de Pearson entre as variáveis independentes consideradas.

|  | Área Total Construída | Número Total de Pavimentos | Área do Pavimento Tipo | (Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos) | Índice Econômico de Compacidade (IeC) | Densidade de Paredes Internas | Organização do Canteiro | Sistema Produtivo | Reaproveitamento de Resíduos em Obra |
|--|-----------------------|----------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| Área Total Construída                            | 1                     | 0.958                      | -0.182                 | 0.188  | 0.017                                 | 0.287                         | 0.018                   | -0.001            | -0.239                               |
| Número Total de Pavimentos                       | 0.958                 | 1                          | -0.214                 | 0.210  | 0.043                                 | 0.220                         | 0.129                   | 0.031             | -0.236                               |
| Área do Pavimento Tipo                           | -0.182                | -0.214                     | 1                      | -0.183   | 0.086                                 | -0.125                        | 0.356                   | -0.144            | -0.302                               |
| (Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos) | 0.188                 | 0.210                      | -0.183                 | 1  | -0.004                                | -0.028                        | -0.038                  | -0.055            | -0.140                               |
| Índice Econômico de Compacidade (IeC)            | 0.017                 | 0.043                      | 0.086                  | -0.004   | 1                                     | -0.072                        | -0.097                  | -0.256            | -0.310                               |
| Densidade de Paredes Internas                    | 0.287                 | 0.220                      | -0.125                 | -0.028   | -0.072                                | 1                             | -0.154                  | -0.637            | -0.492                               |
| Organização do Canteiro                          | 0.018                 | 0.129                      | 0.356                  | -0.038   | -0.097                                | -0.154                        | 1                       | 0.106             | -0.272                               |
| Sistema Produtivo                                | -0.001                | 0.031                      | -0.144                 | -0.055   | -0.256                                | -0.637                        | 0.106                   | 1                 | 0.521                                |
| Reaproveitamento de Resíduos em Obra             | -0.239                | -0.236                     | -0.302                 | -0.140   | -0.310                                | -0.492                        | -0.272                  | 0.521             | 1                                    |

Figura 786 – Matriz dos valores de correlações entre as variáveis independentes consideradas (Fonte: pesquisador 2019)

Na tabela da figura acima se destacam os valores de forte correlação positiva entre as variáveis Área Total Construída e Número Total de Pavimentos, a correlação moderada

negativa entre as variáveis Sistema Produtivo e Densidade de Paredes Internas, e a correlação moderada positiva entre as variáveis Sistema Produtivo e Reaproveitamento de Resíduos em Obra. Eventualmente algumas dessas variáveis poderão apresentar multicolinearidade.

### 6.3.2.5 ANÁLISE DE REGRESSÃO

A análise de regressão foi executada testando diversas combinações de variáveis independentes, a fim de buscar o melhor ajuste do modelo. Para os testes foi adotado o nível de significância  $\bar{d} = 0,05$ .

Inicialmente testaram-se todas as variáveis coletadas para este estudo (Modelo 1): número total de pavimentos, relação entre o nº de pavimentos-tipo e o nº total de pavimentos (tipo/total), área total construída, área do pavimento-tipo, IeC, densidade de paredes internas, organização do canteiro, sistema produtivo e reaproveitamento de resíduos em obra.

O conjunto de dados de partida foi então o que consta da figura 787.

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO | REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA | SISTEMA PRODUTIVO |
|---------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| Obra 01 | 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 1                                 | 321                     | 62.83                             | 0.52                          | 4                     | 0                           | 2                 |
| Obra 02 | 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 43.12                             | 0.54                          | 4                     | 0                           | 2                 |
| Obra 03 | 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 44.23                             | 0.52                          | 3                     | 1                           | 2                 |
| Obra 04 | 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 0.75                              | 321                     | 56.31                             | 0.58                          | 3                     | 1                           | 2                 |
| Obra 05 | 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 62.09                             | 0.48                          | 2                     | 0                           | 1                 |
| Obra 06 | 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 59.23                             | 0.46                          | 5                     | 0                           | 1                 |
| Obra 07 | 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 1                                 | 389                     | 59.85                             | 0.47                          | 5                     | 0                           | 2                 |
| Obra 08 | 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 55.47                             | 0.47                          | 4                     | 0                           | 1                 |
| Obra 09 | 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 0.75                              | 389                     | 59.27                             | 0.44                          | 4                     | 0                           | 1                 |
| Obra 10 | 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 60.58                             | 0.39                          | 3                     | 1                           | 1                 |
| Obra 11 | 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 1                                 | 321                     | 66.82                             | 0.47                          | 3                     | 1                           | 1                 |
| Obra 12 | 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.77                             | 0.28                          | 4                     | 1                           | 3                 |
| Obra 13 | 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 60.17                             | 0.2                           | 4                     | 1                           | 3                 |
| Obra 14 | 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 58.31                             | 0.2                           | 3                     | 1                           | 3                 |
| Obra 15 | 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 0.75                              | 389                     | 55.89                             | 0.26                          | 4                     | 1                           | 3                 |
| Obra 16 | 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.93                             | 0.25                          | 4                     | 1                           | 3                 |
| Obra 17 | 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 57.91                             | 0.43                          | 4                     | 0                           | 1                 |
| Obra 18 | 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 41.85                             | 0.48                          | 3                     | 1                           | 2                 |
| Obra 19 | 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 61.74                             | 0.52                          | 3                     | 0                           | 2                 |
| Obra 20 | 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 1                                 | 389                     | 72.27                             | 0.42                          | 3                     | 0                           | 2                 |

Figura 787 – Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 1

(Fonte: pesquisador 2019)

Partindo desses dados e aplicando o procedimento já anteriormente descrito no texto para uma regressão linear múltipla usando o excel, o programa nos devolveria como resultados os que constam na figura 788.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| <i>Estatística de regressão</i> |             |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo                      | 0.998233897 |
| Quadrado de R                   | 0.996470913 |
| Quadrado de R ajustado          | 0.993294736 |
| Erro-padrão                     | 138.7039729 |
| Observações                     | 20          |

| ANOVA     |           |             |           |          |                           |
|-----------|-----------|-------------|-----------|----------|---------------------------|
|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i>   | <i>MQ</i> | <i>F</i> | <i>F de significância</i> |
| Regressão | 9         | 54322546.28 | 6035838   | 313.7327 | 4.63044E-11               |
| Residual  | 10        | 192387.9211 | 19238.79  |          |                           |
| Total     | 19        | 54514934.2  |           |          |                           |

|                                   | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                       | 284.2550389          | 996.5845642        | 0.285229      | 0.781289       | -1936.273738        | 2504.783816         | -1936.273738          | 2504.783816           |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.181709664          | 0.022523361        | 8.067609      | 1.09E-05       | 0.131524489         | 0.231894839         | 0.131524489           | 0.231894839           |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 488.3569062          | 101.6886581        | 4.802472      | 0.000721       | 261.7804573         | 714.933355          | 261.7804573           | 714.933355            |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -632.6189828         | 386.0020404        | -1.6389       | 0.132272       | -1492.685122        | 227.4471567         | -1492.685122          | 227.4471567           |
| ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -1.664712833         | 1.206342883        | -1.37997      | 0.197666       | -4.352612267        | 1.023186601         | -4.352612267          | 1.023186601           |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.041016452          | 5.236589888        | 0.962653      | 0.358422       | -6.626832879        | 16.70886578         | -6.626832879          | 16.70886578           |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 352.4363477          | 491.4247452        | 0.717173      | 0.48968        | -742.5262153        | 1447.398911         | -742.5262153          | 1447.398911           |
| ORGANIZAÇ DO CANTEIRO             | -62.52086042         | 57.06019999        | -1.0957       | 0.298896       | -189.6589084        | 64.61718754         | -189.6589084          | 64.61718754           |
| REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA       | -42.41761746         | 100.3142119        | -0.42285      | 0.681355       | -265.9316093        | 181.0963744         | -265.9316093          | 181.0963744           |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 85.62801072          | 63.40340387        | 1.350527      | 0.206616       | -55.64357619        | 226.8995976         | -55.64357619          | 226.8995976           |

Figura 788 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 1

(Fonte: pesquisador 2019)

Os valores que desde logo importa considerar são os de **F** e **F de significância**, e os da coluna relativa aos “Coeficientes”. Assim, o fato do valor de F ser superior ao F de significância revela que a regressão linear múltipla é significativa/relevante.

Por outro lado, se considerar-se que Y = Total de Resíduos Gerados, X1 = Área Total Construída, X2 = Nº Total de Pavimentos, X3 = ( Nº Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos ), X4 = Área do Pavimento-tipo, X5 = Índice Econômico de Compacidade, X6 = Densidade de Paredes Internas, X7 = Organização do Canteiro, X8 = Reaproveitamento de Resíduos em obra, e X9= Sistema Produtivo, e pela coluna correspondente a “Coeficientes” na figura acima, se poderia chegar no seguinte modelo matemático empírico para geração de resíduos de construção em obra:

$$Y = 284,255 + 0,182 * X1 + 488,357 * X2 - 632,619 * X3 - 1,665 * X4 + 5,041 * X5 + 352,436 * X6 - 62,521 * X7 - 42,418 * X8 + 85,628 * X9$$

Designa-se este modelo por “Modelo 1” .

Como foi imposto um nível de significância  $\bar{\alpha} = 0,05$ , os valores da figura 789 mostram, por um lado que as variáveis Área Total Construída e Nº Total de Pavimentos são significativas (valor  $P < \bar{\alpha} = 0,05$ ), e por outro lado que a variável Reaproveitamento de Resíduos em Obra tem um valor de  $P$  muito elevado, o que denota alguma multicolinearidade (duas variáveis explicando o mesmo). Assim, o passo a seguir será o de retirar a variável Reaproveitamento de Resíduos em Obra e chegar em um outro modelo matemático empírico.

|                                   | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                       | 284.2550389          | 996.5845642        | 0.285229      | 0.781289       | -1936.273738        | 2504.783816         | -1936.273738          | 2504.783816           |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.181709664          | 0.022523361        | 8.067609      | 1.09E-05       | 0.131524489         | 0.231894839         | 0.131524489           | 0.231894839           |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 488.3569062          | 101.6886581        | 4.802472      | 0.000721       | 261.7804573         | 714.933355          | 261.7804573           | 714.933355            |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -632.6189828         | 386.0020404        | -1.6389       | 0.132272       | -1492.685122        | 227.4471567         | -1492.685122          | 227.4471567           |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -1.664712833         | 1.206342883        | -1.37997      | 0.197666       | -4.352612267        | 1.023186601         | -4.352612267          | 1.023186601           |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.041016452          | 5.236589888        | 0.962653      | 0.358422       | -6.626832879        | 16.70886578         | -6.626832879          | 16.70886578           |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 352.4363477          | 491.4247452        | 0.717173      | 0.48968        | -742.5262153        | 1447.398911         | -742.5262153          | 1447.398911           |
| ORGANIZAÇ DO CANTEIRO             | -62.52086042         | 57.06019999        | -1.0957       | 0.298896       | -189.6589084        | 64.61718754         | -189.6589084          | 64.61718754           |
| REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA       | -42.41761746         | 100.3142119        | -0.42285      | 0.681355       | -265.9316093        | 181.0963744         | -265.9316093          | 181.0963744           |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 85.62801072          | 63.40340387        | 1.350527      | 0.206616       | -55.64357619        | 226.8995976         | -55.64357619          | 226.8995976           |

Figura 789 – Excel, variáveis significativas, Modelo 1 (Fonte: pesquisador 2019)

Antes disso apresentam-se as tabelas das figuras 790 e 791, com os principais resultados da regressão múltipla efetuada.

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro-padrão da estimativa | F           |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------------|
| 1      | 0.996470913    | 0.993294736             | 138.7039729               | 313.7327147 |

Figura 790 – Modelo 1, síntese de resultados, parte I de II (Fonte: pesquisador 2019)

|                                   | <b>Coefficiente ( <math>\beta</math> )</b> | <b>Erro-padrão</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------------|--|--------------------|----------------|
| Constante                         | 284.2550389                                | 996.5845642        | 0.7812888      |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.181709664                                | 0.022523361        | 1.09374E-05    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 488.3569062                                | 101.6886581        | 0.000720949    |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -632.6189828                               | 386.0020404        | 0.132272151    |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -1.664712833                               | 1.206342883        | 0.197666412    |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.041016452                                | 5.236589888        | 0.358421983    |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 352.4363477                                | 491.4247452        | 0.489680145    |
| ORGANIZAÇ DO CANTEIRO             | -62.52086042                               | 57.06019999        | 0.298896384    |
| REAPROV DE RESÍDUOS EM OBRA       | -42.41761746                               | 100.3142119        | 0.681355346    |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 85.62801072                                | 63.40340387        | 0.206615848    |

Figura 791 – Modelo 1, síntese de resultados, parte II de II (Fonte: pesquisador 2019)

O conjunto de dados para uma nova regressão linear múltipla, excluindo agora a variável independente Reaproveitamento de Resíduos em Obra, passa a ser o que consta na figura 792.

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | ORGANIZAÇ DO CANTEIRO | SISTEMA PRODUTIVO |
|---------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Obra 01 | 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 1                                 | 321                     | 62.83                             | 0.52                          | 4                     | 2                 |
| Obra 02 | 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 43.12                             | 0.54                          | 4                     | 2                 |
| Obra 03 | 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 44.23                             | 0.52                          | 3                     | 2                 |
| Obra 04 | 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 0.75                              | 321                     | 56.31                             | 0.58                          | 3                     | 2                 |
| Obra 05 | 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 62.09                             | 0.48                          | 2                     | 1                 |
| Obra 06 | 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 59.23                             | 0.46                          | 5                     | 1                 |
| Obra 07 | 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 1                                 | 389                     | 59.85                             | 0.47                          | 5                     | 2                 |
| Obra 08 | 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 55.47                             | 0.47                          | 4                     | 1                 |
| Obra 09 | 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 0.75                              | 389                     | 59.27                             | 0.44                          | 4                     | 1                 |
| Obra 10 | 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 60.58                             | 0.39                          | 3                     | 1                 |
| Obra 11 | 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 1                                 | 321                     | 66.82                             | 0.47                          | 3                     | 1                 |
| Obra 12 | 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.77                             | 0.28                          | 4                     | 3                 |
| Obra 13 | 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 60.17                             | 0.2                           | 4                     | 3                 |
| Obra 14 | 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 58.31                             | 0.2                           | 3                     | 3                 |
| Obra 15 | 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 0.75                              | 389                     | 55.89                             | 0.26                          | 4                     | 3                 |
| Obra 16 | 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.93                             | 0.25                          | 4                     | 3                 |
| Obra 17 | 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 57.91                             | 0.43                          | 4                     | 1                 |
| Obra 18 | 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 41.85                             | 0.48                          | 3                     | 2                 |
| Obra 19 | 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 61.74                             | 0.52                          | 3                     | 2                 |
| Obra 20 | 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 1                                 | 389                     | 72.27                             | 0.42                          | 3                     | 2                 |

Figura 792 – Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 2  
(Fonte: pesquisador 2019)

Partindo desses dados e voltando a aplicar o mesmo procedimento para realizar uma regressão linear múltipla com recurso ao excel, o programa nos devolve como resultados os que constam na figura 793.



## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| <i>Estatística de regressão</i> |             |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo                      | 0.998202291 |
| Quadrado de R                   | 0.996407813 |
| Quadrado de R ajustado          | 0.993795314 |
| Erro-padrão                     | 133.4261177 |
| Observações                     | 20          |

| ANOVA     |           |             |           |             |                           |
|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|---------------------------|
|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i>   | <i>MQ</i> | <i>F</i>    | <i>F de significância</i> |
| Regressão | 8         | 54319106.38 | 6789888.3 | 381.4002121 | 2.4533E-12                |
| Residual  | 11        | 195827.8179 | 17802.529 |             |                           |
| Total     | 19        | 54514934.2  |           |             |                           |

|                                   | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                       | 33.56378153          | 770.5759632        | 0.0435567     | 0.966038345    | -1662.462477        | 1729.59004          | -1662.462477          | 1729.59004            |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.182033777          | 0.02165377         | 8.4065629     | 4.06474E-06    | 0.134374151         | 0.229693403         | 0.134374151           | 0.229693403           |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 488.4422587          | 97.81908799        | 4.9933226     | 0.000406792    | 273.1438978         | 703.7406196         | 273.1438978           | 703.7406196           |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -586.2555098         | 356.0190052        | -1.646697     | 0.127861855    | -1369.848056        | 197.3370368         | -1369.848056          | 197.3370368           |
| ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -1.495228384         | 1.094513822        | -1.366112     | 0.199181796    | -3.904237062        | 0.913780295         | -3.904237062          | 0.913780295           |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.987618918          | 4.553826782        | 1.3148543     | 0.215310996    | -4.035286245        | 16.01052408         | -4.035286245          | 16.01052408           |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 449.6279814          | 417.8304226        | 1.0761016     | 0.304917374    | -470.0105777        | 1369.26654          | -470.0105777          | 1369.26654            |
| ORGANIZAÇ DO CANTEIRO             | -53.77554189         | 51.15652929        | -1.051196     | 0.315713898    | -166.3703036        | 58.81921984         | -166.3703036          | 58.81921984           |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 83.22383638          | 60.74510205        | 1.3700502     | 0.197985231    | -50.47523169        | 216.9229045         | -50.47523169          | 216.9229045           |

Figura 793 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 2

(Fonte: pesquisador 2019)

De novo é possível observar que **F** é maior que **F de significância**, donde, a regressão linear múltipla efetuada é significativa/relevante.

Registrar também os valores da coluna de coeficientes da figura 793 imediatamente acima.

Por outro lado, considerando-se agora que  $Y =$  Total de Resíduos Gerados,  $X_1 =$  Área Total Construída,  $X_2 =$  Nº Total de Pavimentos,  $X_3 =$  ( Nº Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos ),  $X_4 =$  Área do Pavimento-tipo,  $X_5 =$  Índice Econômico de Compacidade,  $X_6 =$  Densidade de Paredes Internas,  $X_7 =$  Organização do Canteiro, e  $X_8 =$  Sistema Produtivo, e através dos valores da coluna correspondente a “Coeficientes” na figura acima, resulta o seguinte modelo matemático empírico para geração de resíduos de construção em obra:

$$Y = 33,564 + 0,182 * X_1 + 488,442 * X_2 - 586,256 * X_3 - 1,495 * X_4 + 5,988 * X_5 + 449,628 * X_6 - 53,776 * X_7 + 83,224 * X_8$$

Comparando a expressão matemática deste modelo com a do modelo anterior, registre-se que o único coeficiente que varia significativamente é o da constante. Já a maioria dos coeficientes das variáveis independentes que se mantiveram no modelo pouco variaram. Existem variações mas são ligeiras. É como se o modelo estivesse se refinando / aprimorando.

Importantíssimo referir que em relação ao modelo anterior, os valores de  $R^2$  e  $R^2$  ajustado mantiveram-se praticamente constantes. Só que com uma grande diferença, que é: este modelo trabalha com uma variável independente a menos que o anterior. A hipótese anteriormente admitida da colinearidade parece confirmar-se, portanto. Designe-se este modelo por “Modelo 2”.

Havia-se visto já que tinha sido imposto um nível de significância  $\bar{\alpha} = 0,05$ . Donde, os valores da figura 794 mostram, por um lado, que as variáveis Área Total Construída e Nº Total de Pavimentos continuam sendo as variáveis independentes significativas (valores de  $P < \bar{\alpha} = 0,05$ ); por outro lado a variável Organização do Canteiro é aquela que, agora, apresenta um valor de P maior dentre todas as variáveis independentes. O passo seguinte será o de retirar essa variável do modelo, para chegar em um novo modelo matemático empírico, e ver quais as implicações que isso terá.

|                                   | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                       | 33.56378153          | 770.5759632        | 0.0435567     | 0.966038345    | -1662.462477        | 1729.59004          | -1662.462477          | 1729.59004            |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.182033777          | 0.02165377         | 8.4065629     | 4.06474E-06    | 0.134374151         | 0.229693403         | 0.134374151           | 0.229693403           |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 488.4422587          | 97.81908799        | 4.9933226     | 0.000406792    | 273.1438978         | 703.7406196         | 273.1438978           | 703.7406196           |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -586.2555098         | 356.0190052        | -1.646697     | 0.127861855    | -1369.848056        | 197.3370368         | -1369.848056          | 197.3370368           |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -1.495228384         | 1.094513822        | -1.366112     | 0.199181796    | -3.904237062        | 0.913780295         | -3.904237062          | 0.913780295           |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.987618918          | 4.553826782        | 1.3148543     | 0.215310996    | -4.035286245        | 16.01052408         | -4.035286245          | 16.01052408           |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 449.6279814          | 417.8304226        | 1.0761016     | 0.304917374    | -470.0105777        | 1369.26654          | -470.0105777          | 1369.26654            |
| ORGANIZAÇ DO CANTEIRO             | -53.77554189         | 51.15652929        | -1.051196     | 0.315713898    | -166.3703036        | 58.81921984         | -166.3703036          | 58.81921984           |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 83.22383638          | 60.74510205        | 1.3700502     | 0.197985231    | -50.47523169        | 216.9229045         | -50.47523169          | 216.9229045           |

Figura 794 – Excel, variáveis significativas, Modelo 2 (Fonte: pesquisador 2019)

Antes disso apresentam-se as tabelas das figuras 795 e 796, com os principais resultados da regressão múltipla efetuada.

| <b>Modelo</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>R<sup>2</sup> ajustado</b> | <b>Erro-padrão da estimativa</b> | <b>F</b>           |
|---------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| <b>2</b>      | <b>0.996407813</b>   | <b>0.993795314</b>            | <b>133.4261177</b>               | <b>381.4002121</b> |

Figura 795 – Modelo 2, síntese de resultados, parte I de II (Fonte: pesquisador 2019)

|                                   | <b>Coefficiente ( B )</b> | <b>Erro-padrão</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------------|----------------|
| Constante                         | 33.56378153               | 770.5759632        | 0.966038345    |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.182033777               | 0.02165377         | 4.06474E-06    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 488.4422587               | 97.81908799        | 0.000406792    |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -586.2555098              | 356.0190052        | 0.127861855    |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -1.495228384              | 1.094513822        | 0.199181796    |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.987618918               | 4.553826782        | 0.215310996    |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 449.6279814               | 417.8304226        | 0.304917374    |
| ORGANIZAÇ DO CANTEIRO             | -53.77554189              | 51.15652929        | 0.315713898    |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 83.22383638               | 60.74510205        | 0.197985231    |

Figura 796 – Modelo 2, síntese de resultados, parte II de II (Fonte: pesquisador 2019)



O conjunto de dados para uma nova regressão linear múltipla, excluindo agora a variável independente Organização do canteiro, passa a ser o que consta na figura 797.

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS | SISTEMA PRODUTIVO |
|---------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Obra 01 | 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 1                                 | 321                     | 62.83                             | 0.52                          | 2                 |
| Obra 02 | 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 43.12                             | 0.54                          | 2                 |
| Obra 03 | 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 44.23                             | 0.52                          | 2                 |
| Obra 04 | 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 0.75                              | 321                     | 56.31                             | 0.58                          | 2                 |
| Obra 05 | 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 62.09                             | 0.48                          | 1                 |
| Obra 06 | 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 59.23                             | 0.46                          | 1                 |
| Obra 07 | 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 1                                 | 389                     | 59.85                             | 0.47                          | 2                 |
| Obra 08 | 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 55.47                             | 0.47                          | 1                 |
| Obra 09 | 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 0.75                              | 389                     | 59.27                             | 0.44                          | 1                 |
| Obra 10 | 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 60.58                             | 0.39                          | 1                 |
| Obra 11 | 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 1                                 | 321                     | 66.82                             | 0.47                          | 1                 |
| Obra 12 | 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.77                             | 0.28                          | 3                 |
| Obra 13 | 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 60.17                             | 0.2                           | 3                 |
| Obra 14 | 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 58.31                             | 0.2                           | 3                 |
| Obra 15 | 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 0.75                              | 389                     | 55.89                             | 0.26                          | 3                 |
| Obra 16 | 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.93                             | 0.25                          | 3                 |
| Obra 17 | 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 57.91                             | 0.43                          | 1                 |
| Obra 18 | 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 41.85                             | 0.48                          | 2                 |
| Obra 19 | 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 61.74                             | 0.52                          | 2                 |
| Obra 20 | 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 1                                 | 389                     | 72.27                             | 0.42                          | 2                 |

Figura 797 – Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 3  
(Fonte: pesquisador 2019)

Partindo desses dados e realizando de novo uma regressão linear múltipla usando o excel, o programa nos devolve como resultados os que constam na figura 798.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão |             |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo               | 0.998021522 |
| Quadrado de R            | 0.996046958 |
| Quadrado de R ajustado   | 0.993741016 |
| Erro-padrão              | 134.0086584 |
| Observações              | 20          |

## ANOVA

|           | gl | SQ          | MQ      | F       | F de significância |
|-----------|----|-------------|---------|---------|--------------------|
| Regressão | 7  | 54299434.35 | 7757062 | 431.948 | 1.88629E-13        |
| Residual  | 12 | 215499.8464 | 17958.3 |         |                    |
| Total     | 19 | 54514934.2  |         |         |                    |

|                                   | Coefficientes | Erro-padrão | Stat t   | valor P | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|-----------------------------------|---------------|-------------|----------|---------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                       | 40.68663861   | 773.9103885 | 0.05257  | 0.95894 | -1645.519243 | 1726.89252   | -1645.519243   | 1726.89252     |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.192045601   | 0.019531625 | 9.83255  | 4.3E-07 | 0.149489845  | 0.234601357  | 0.149489845    | 0.234601357    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 438.3569946   | 85.80386981 | 5.10883  | 0.00026 | 251.4064225  | 625.3075668  | 251.4064225    | 625.3075668    |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -577.8541817  | 357.4832804 | -1.61645 | 0.13197 | -1356.743338 | 201.0349751  | -1356.743338   | 201.0349751    |
| ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.032731424  | 0.971958077 | -2.09138 | 0.05843 | -4.15044615  | 0.084983301  | -4.15044615    | 0.084983301    |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 6.859398624   | 4.497223536 | 1.52525  | 0.15311 | -2.939209703 | 16.65800695  | -2.939209703   | 16.65800695    |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 451.3572697   | 419.6514247 | 1.07555  | 0.30328 | -462.9846374 | 1365.699177  | -462.9846374   | 1365.699177    |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 79.35464859   | 60.89821193 | 1.30307  | 0.217   | -53.33115672 | 212.0404539  | -53.33115672   | 212.0404539    |

Figura 798 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 3  
(Fonte: pesquisador 2019)

Uma vez mais o **F** é maior que **F de significância**, donde, a regressão linear múltipla efetuada é significativa/relevante.

De novo, a registrar os valores da coluna de coeficientes da figura 798 imediatamente anterior.

Por outro lado, considerando-se agora que  $Y =$  Total de Resíduos Gerados,  $X_1 =$  Área Total Construída,  $X_2 =$  Nº Total de Pavimentos,  $X_3 =$  ( Nº Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos ),  $X_4 =$  Área do Pavimento-tipo,  $X_5 =$  Índice Econômico de Compacidade,  $X_6 =$  Densidade de Paredes Internas, e  $X_7 =$  Sistema Produtivo, através dos valores da coluna correspondente a “Coeficientes” na figura anterior, chega-se no seguinte modelo matemático empírico para geração de resíduos de construção em obra:

$$Y = 40,687 + 0,192 * X_1 + 438,357 * X_2 - 577,854 * X_3 - 2,033 * X_4 + 6,859 * X_5 + 451,357 * X_6 + 79,355 * X_7$$

Novamente e comparando a expressão deste modelo com a do anterior, agora já nem a constante varia significativamente, e os coeficientes das variáveis independentes variam ainda menos. O modelo está se aperfeiçoando. Mas é preciso ter atenção a alguns pormenores importantes. Como foram as variações de  $R^2$  e  $R^2$  ajustado? Mantiveram-se de novo praticamente constantes. Então o percentual de explicação da variável dependente  $Y$  deste modelo é basicamente a mesma que a do modelo anterior. Só que com a mesma grande diferença que anteriormente: este novo modelo volta a trabalhar com uma variável independente a menos que o seu predecessor. O que sugere que continuavam havendo variáveis independentes multicolineares. Designe-se este novo modelo por “Modelo 3”.

Lembrar de novo o nível de significância  $\bar{d} = 0,05$  imposto. Donde, os valores da figura 799 mostram, por um lado, que as variáveis Área Total Construída e Nº Total de Pavimentos continuam sendo as variáveis independentes significativas (valores de  $P < \bar{d} = 0,05$ ); por outro lado a variável Densidade de Paredes Internas é aquela que, agora, apresenta um valor de  $P$  maior dentre todas as variáveis independentes. O passo seguinte será então o de retrair essa variável do modelo, para chegar em um novo modelo matemático empírico, e novamente verificar quais as implicações que isso tem.

|                                   | Coeficientes | Erro-padrão | Stat t   | valor P | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|-----------------------------------|--------------|-------------|----------|---------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                       | 40.68663861  | 773.9103885 | 0.05257  | 0.95894 | -1645.519243 | 1726.89252   | -1645.519243   | 1726.89252     |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.192045601  | 0.019531625 | 9.83255  | 4.3E-07 | 0.149489845  | 0.234601357  | 0.149489845    | 0.234601357    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 438.3569946  | 85.80386981 | 5.10883  | 0.00026 | 251.4064225  | 625.3075668  | 251.4064225    | 625.3075668    |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -577.8541817 | 357.4832804 | -1.61645 | 0.13197 | -1356.743338 | 201.0349751  | -1356.743338   | 201.0349751    |
| ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.032731424 | 0.971958077 | -2.09138 | 0.05843 | -4.15044615  | 0.084983301  | -4.15044615    | 0.084983301    |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 6.859398624  | 4.497223536 | 1.52525  | 0.15311 | -2.939209703 | 16.65800695  | -2.939209703   | 16.65800695    |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 451.3572697  | 419.6514247 | 1.07555  | 0.30328 | -462.9846374 | 1365.699177  | -462.9846374   | 1365.699177    |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 79.35464859  | 60.89821193 | 1.30307  | 0.217   | -53.33115672 | 212.0404539  | -53.33115672   | 212.0404539    |

Figura 799 – Excel, variáveis significativas, Modelo 3 (Fonte: pesquisador 2019)

Antes disso apresentam-se as tabelas das figuras 800 e 801, com os principais resultados da regressão múltipla efetuada.

| Modelo | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | Erro-padrão da estimativa | F           |
|--------|----------------|-------------------------|---------------------------|-------------|
| 3      | 0.996046958    | 0.993741016             | 134.0086584               | 431.9480787 |

Figura 800 – Modelo 3, síntese de resultados, parte I de II (Fonte: pesquisador 2019)

|                                   | Coefficiente ( $\beta$ ) | Erro-padrão | p-valor     |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|
| Constante                         | 40.68663861              | 773.9103885 | 0.958937337 |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.192045601              | 0.019531625 | 4.29688E-07 |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 438.3569946              | 85.80386981 | 0.000257996 |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -577.8541817             | 357.4832804 | 0.131965427 |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.032731424             | 0.971958077 | 0.058432331 |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 6.859398624              | 4.497223536 | 0.15311052  |
| DENSIDADE DE PAREDES INTERNAS     | 451.3572697              | 419.6514247 | 0.303277036 |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 79.35464859              | 60.89821193 | 0.217000198 |

Figura 801 – Modelo 3, síntese de resultados, parte II de II (Fonte: pesquisador 2019)

O conjunto de dados para uma nova regressão linear múltipla, excluindo agora a variável independente Densidade de Paredes Internas, passa a ser o que consta na figura 802

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M²) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | SISTEMA PRODUTIVO |
|---------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Obra 01 | 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 1                                 | 321                     | 62.83                             | 2                 |
| Obra 02 | 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 43.12                             | 2                 |
| Obra 03 | 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 44.23                             | 2                 |
| Obra 04 | 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 0.75                              | 321                     | 56.31                             | 2                 |
| Obra 05 | 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 62.09                             | 1                 |
| Obra 06 | 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 59.23                             | 1                 |
| Obra 07 | 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 1                                 | 389                     | 59.85                             | 2                 |
| Obra 08 | 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 55.47                             | 1                 |
| Obra 09 | 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 0.75                              | 389                     | 59.27                             | 1                 |
| Obra 10 | 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 60.58                             | 1                 |
| Obra 11 | 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 1                                 | 321                     | 66.82                             | 1                 |
| Obra 12 | 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.77                             | 3                 |
| Obra 13 | 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 60.17                             | 3                 |
| Obra 14 | 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 58.31                             | 3                 |
| Obra 15 | 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 0.75                              | 389                     | 55.89                             | 3                 |
| Obra 16 | 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.93                             | 3                 |
| Obra 17 | 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 57.91                             | 1                 |
| Obra 18 | 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 41.85                             | 2                 |
| Obra 19 | 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 61.74                             | 2                 |
| Obra 20 | 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 1                                 | 389                     | 72.27                             | 2                 |

Figura 802 – Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 4 (Fonte: pesquisador 2019)

A partir desses dados e realizando regressão linear múltipla no excel novamente, o programa nos devolve como resultados os que constam na figura 803.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| <i>Estadística de regressão</i> |             |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo                      | 0.997830587 |
| Quadrado de R                   | 0.99566588  |
| Quadrado de R ajustado          | 0.993665517 |
| Erro-padrão                     | 134.8144823 |
| Observações                     | 20          |

## ANOVA

|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i>   | <i>MQ</i> | <i>F</i>    | <i>F de significância</i> |
|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|---------------------------|
| Regressão | 6         | 54278659.92 | 9046443   | 497.7425515 | 1.3805E-14                |
| Residual  | 13        | 236274.2803 | 18174.94  |             |                           |
| Total     | 19        | 54514934.2  |           |             |                           |

|                                   | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                       | 591.4258496          | 583.7822938        | 1.013093      | 0.32950093     | -669.7591176        | 1852.610817         | -669.7591176          | 1852.610817           |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.197641508          | 0.018939119        | 10.43562      | 1.09464E-07    | 0.15672603          | 0.238556987         | 0.15672603            | 0.238556987           |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 424.2553432          | 85.30614767        | 4.973327      | 0.00025469     | 239.9626159         | 608.5480704         | 239.9626159           | 608.5480704           |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -662.7392861         | 350.7591241        | -1.88944      | 0.081340496    | -1420.508302        | 95.02973017         | -1420.508302          | 95.02973017           |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.333086955         | 0.936575128        | -2.49108      | 0.027039493    | -4.356434503        | -0.309739407        | -4.356434503          | -0.309739407          |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.224807655          | 4.258101641        | 1.227027      | 0.241570572    | -3.974261648        | 14.42387696         | -3.974261648          | 14.42387696           |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 31.10839198          | 41.43536808        | 0.750769      | 0.466164743    | -58.40727831        | 120.6240623         | -58.40727831          | 120.6240623           |

Figura 803 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 4  
(Fonte: pesquisador 2019)

De novo o **F** é maior que **F de significância**, e a regressão linear múltipla é significativa/relevante.

Os valores da coluna de coeficientes da figura 803 imediatamente acima são fundamentais para a construção do modelo.

Por outro lado, considerando-se agora que  $Y =$  Total de Resíduos Gerados,  $X_1 =$  Área Total Construída,  $X_2 =$  Nº Total de Pavimentos,  $X_3 =$  ( Nº Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos ),  $X_4 =$  Área do Pavimento-tipo,  $X_5 =$  Índice Econômico de Compacidade, e  $X_6 =$  Sistema Produtivo, através dos valores da coluna correspondente a “Coeficientes” chega-se no seguinte modelo matemático empírico para geração de resíduos de construção em obra:

$$Y = 591,426 + 0,198 * X_1 + 424,255 * X_2 - 662,739 * X_3 - 2,333 * X_4 + 5,225 * X_5 + 31,108 * X_6$$

Como foram as variações de  $R^2$  e  $R^2$  ajustado? Mantiveram-se de novo praticamente constantes. Então o porcentual de explicação da variável dependente  $Y$  deste modelo continua sendo praticamente a mesma que a do modelo anterior. De novo com a diferença que este modelo volta a trabalhar com menos uma variável independente do que a

do seu predecessor. O que sugere que continuavam havendo variáveis independentes multicolineares. Designe-se este novo modelo por “Modelo 4”.

Como o nível de significância imposto foi de  $\bar{d} = 0,05$ , os valores da figura 804 a seguir mostram, por um lado, que agora as variáveis significativas passaram a ser 3: Área Total Construída, Nº Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo (valores de  $P < \bar{d} = 0,05$ ); por outro lado a variável Sistema Produtivo é aquela que, agora, apresenta um valor de P maior dentre todas as variáveis independentes. O passo seguinte será então o de retrair essa variável do modelo, para chegar em um novo modelo matemático empírico, e novamente voltar a verificar quais as implicações que isso tem.

|                                   | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                       | 591.4258496          | 583.7822938        | 1.013093      | 0.32950093     | -669.7591176        | 1852.610817         | -669.7591176          | 1852.610817           |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.197641508          | 0.018939119        | 10.43562      | 1.09464E-07    | 0.15672603          | 0.238556987         | 0.15672603            | 0.238556987           |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 424.2553432          | 85.30614767        | 4.973327      | 0.00025469     | 239.9626159         | 608.5480704         | 239.9626159           | 608.5480704           |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -662.7392861         | 350.7591241        | -1.88944      | 0.081340496    | -1420.508302        | 95.02973017         | -1420.508302          | 95.02973017           |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.333086955         | 0.936575128        | -2.49108      | 0.027039493    | -4.356434503        | -0.309739407        | -4.356434503          | -0.309739407          |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.224807655          | 4.258101641        | 1.227027      | 0.241570572    | -3.974261648        | 14.42387696         | -3.974261648          | 14.42387696           |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 31.10839198          | 41.43536808        | 0.750769      | 0.466164743    | -58.40727831        | 120.6240623         | -58.40727831          | 120.6240623           |

Figura 804 – Excel, variáveis significativas, Modelo 4 (Fonte: pesquisador 2019)

Antes disso apresentam-se as tabelas das figuras 805 e 806, com os principais resultados da regressão múltipla efetuada.

| <b>Modelo</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>R<sup>2</sup> ajustado</b> | <b>Erro-padrão da estimativa</b> | <b>F</b>    |
|---------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------|
| <b>4</b>      | 0.99566588           | 0.993665517                   | 134.8144823                      | 497.7425515 |

Figura 805 – Modelo 4, síntese de resultados, parte I de II (Fonte: pesquisador 2019)

|                                   | <b>Coefficiente ( <math>\beta</math> )</b> | <b>Erro-padrão</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------------|--|--------------------|----------------|
| Constante                         | 591.4258496                                | 583.7822938        | 0.32950093     |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.197641508                                | 0.018939119        | 1.09464E-07    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 424.2553432                                | 85.30614767        | 0.00025469     |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -662.7392861                               | 350.7591241        | 0.081340496    |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.333086955                               | 0.936575128        | 0.027039493    |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 5.224807655                                | 4.258101641        | 0.241570572    |
| SISTEMA PRODUTIVO                 | 31.10839198                                | 41.43536808        | 0.466164743    |

Figura 806 – Modelo 4, síntese de resultados, parte II de II (Fonte: pesquisador 2019)



O conjunto de dados para uma nova regressão linear múltipla, excluindo agora a variável independente Sistema Produtivo, passa a ser o que consta na figura 807.

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2) | ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) |
|---------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Obra 01 | 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 1                                 | 321                     | 62.83                             |
| Obra 02 | 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 43.12                             |
| Obra 03 | 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 44.23                             |
| Obra 04 | 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 0.75                              | 321                     | 56.31                             |
| Obra 05 | 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 62.09                             |
| Obra 06 | 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 59.23                             |
| Obra 07 | 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 1                                 | 389                     | 59.85                             |
| Obra 08 | 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 55.47                             |
| Obra 09 | 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 0.75                              | 389                     | 59.27                             |
| Obra 10 | 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 60.58                             |
| Obra 11 | 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 1                                 | 321                     | 66.82                             |
| Obra 12 | 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.77                             |
| Obra 13 | 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 1                                 | 321                     | 60.17                             |
| Obra 14 | 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 58.31                             |
| Obra 15 | 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 0.75                              | 389                     | 55.89                             |
| Obra 16 | 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 51.93                             |
| Obra 17 | 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 1                                 | 389                     | 57.91                             |
| Obra 18 | 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 1                                 | 389                     | 41.85                             |
| Obra 19 | 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 1                                 | 321                     | 61.74                             |
| Obra 20 | 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 1                                 | 389                     | 72.27                             |

Figura 807 – Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 5  
(Fonte: pesquisador 2019)

Partindo destes dados, e voltando a realizar regressão linear múltipla usando o excel, o programa nos devolverá como resultados os que constam na figura 808.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| <i>Estatística de regressão</i> |             |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo                      | 0.997736419 |
| Quadrado de R                   | 0.995477961 |
| Quadrado de R ajustado          | 0.993862947 |
| Erro-padrão                     | 132.6969328 |
| Observações                     | 20          |

## ANOVA

|           | <i>gl</i> | <i>SQ</i>   | <i>MQ</i>  | <i>F</i>    | <i>F de significância</i> |
|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|---------------------------|
| Regressão | 5         | 54268415.54 | 10853683.1 | 616.3896934 | 6.8439E-16                |
| Residual  | 14        | 246518.6636 | 17608.476  |             |                           |
| Total     | 19        | 54514934.2  |            |             |                           |

|                                   | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro-padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor P</i> | <i>95% inferior</i> | <i>95% superior</i> | <i>Inferior 95.0%</i> | <i>Superior 95.0%</i> |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Interceptar                       | 742.292756           | 539.4974964        | 1.37589657    | 0.190466455    | -414.8142889        | 1899.399801         | -414.8142889          | 1899.399801           |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.195810886          | 0.018486497        | 10.5921032    | 4.56025E-08    | 0.156161293         | 0.235460479         | 0.156161293           | 0.235460479           |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 432.7267437          | 83.22845741        | 5.19926426    | 0.000134767    | 254.2194567         | 611.2340306         | 254.2194567           | 611.2340306           |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -687.0767206         | 343.7721173        | -1.99864      | 0.065449991    | -1424.394579        | 50.24113791         | -1424.394579          | 50.24113791           |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.418478071         | 0.915041228        | -2.6430263    | 0.019289947    | -4.38104631         | -0.455909832        | -4.38104631           | -0.455909832          |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 4.391662405          | 4.046383035        | 1.08533037    | 0.296111212    | -4.286966036        | 13.07029085         | -4.286966036          | 13.07029085           |

Figura 808 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 5  
(Fonte: pesquisador 2019)

O **F** volta a ser maior que **F de significância**, e a regressão linear múltipla é significativa/relevante.

Os valores da coluna de coeficientes da figura 808 imediatamente acima continuam a ser fundamentais para a construção do modelo.

Considerando-se agora que  $Y = \text{Total de Resíduos Gerados}$ ,  $X1 = \text{Área Total Construída}$ ,  $X2 = \text{Nº Total de Pavimentos}$ ,  $X3 = (\text{Nº Pavimentos-tipo} / \text{Nº Total de Pavimentos})$ ,  $X4 = \text{Área do Pavimento-tipo}$ , e  $X5 = \text{Índice Econômico de Compacidade}$ , através dos valores da coluna correspondente a “Coeficientes” chega-se ao seguinte modelo matemático empírico para geração de resíduos de construção em obra:

$$Y = 742,293 + 0,196 * X1 + 432,727 * X2 - 687,077 * X3 - 2,418 * X4 + 4,392 * X5$$

Como foram as variações de  $R^2$  e  $R^2$  ajustado? Mantiveram-se de novo praticamente constantes, sendo que o  $R^2$  ajustado até cresceu infinitesimalmente. Então o percentual de explicação da variável dependente  $Y$  deste modelo continua sendo praticamente a mesma que a do modelo anterior. De novo com a vantagem de que este modelo volta a trabalhar com menos uma variável independente do que a do seu predecessor. O que torna a sugerir que continuem havendo variáveis independentes multicolineares. Designe-se este novo modelo por “Modelo 5”.

O nível de significância imposto foi de  $\bar{d} = 0,05$ ; os valores da figura 809 a seguir mostram, por um lado, que as variáveis significativas continuaram a ser 3: Área Total Construída, Nº Total de Pavimentos e Área do Pavimento-tipo (valores de  $P < \bar{d} = 0,05$ ); por outro lado a variável Índice Econômico de compacidade é aquela que, agora, apresenta um valor de  $P$  maior dentre todas as variáveis independentes. O passo seguinte será então o de retrair essa variável do modelo, para chegar em um novo modelo matemático empírico, e novamente voltar a verificar quais as implicações.

|                                   | Coeficientes | Erro-padrão | Stat t     | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|-----------------------------------|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                       | 742.292756   | 539.4974964 | 1.37589657 | 0.190466455 | -414.8142889 | 1899.399801  | -414.8142889   | 1899.399801    |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.195810886  | 0.018486497 | 10.5921032 | 4.56025E-08 | 0.156161293  | 0.235460479  | 0.156161293    | 0.235460479    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 432.7267437  | 83.22845741 | 5.19926426 | 0.000134767 | 254.2194567  | 611.2340306  | 254.2194567    | 611.2340306    |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -687.0767206 | 343.7721173 | -1.99864   | 0.065449991 | -1424.394579 | 50.24113791  | -1424.394579   | 50.24113791    |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.418478071 | 0.915041228 | -2.6430263 | 0.019289947 | -4.38104631  | -0.455909832 | -4.38104631    | -0.455909832   |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 4.391662405  | 4.046383035 | 1.08533037 | 0.296111212 | -4.286966036 | 13.07029085  | -4.286966036   | 13.07029085    |

Figura 809 – Excel, variáveis significativas, Modelo 5 (Fonte: pesquisador 2019)

Antes disso apresentam-se as tabelas das figuras 810 e 811, com os principais resultados da regressão múltipla efetuada.

| Modelo | R2          | R2 ajustado | Erro padrão da estimativa | F           |
|--------|-------------|-------------|---------------------------|-------------|
| 5      | 0.995477961 | 0.993862947 | 132.6969328               | 616.3896934 |

Figura 810 – Modelo 5, síntese de resultados, parte I de II (Fonte: pesquisador 2019)

|                                   | Coefficientes ( $\beta$ ) | Erro-padrão | valor P     |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|
| Constante                         | 742.292756                | 539.4974964 | 0.190466455 |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.195810886               | 0.018486497 | 4.56025E-08 |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 432.7267437               | 83.22845741 | 0.000134767 |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -687.0767206              | 343.7721173 | 0.065449991 |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.418478071              | 0.915041228 | 0.019289947 |
| ÍNDICE ECNÔM DE COMPACIDADE (IeC) | 4.391662405               | 4.046383035 | 0.296111212 |

Figura 811 – Modelo 5, síntese de resultados, parte II de II (Fonte: pesquisador 2019)

O conjunto de dados para uma nova regressão linear múltipla excluindo agora a variável independente Índice Econômico de Compacidade (IeC) passa a ser o que consta na figura 812.

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2) |
|---------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Obra 01 | 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 02 | 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 03 | 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 04 | 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 0.75                              | 321                     |
| Obra 05 | 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 06 | 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 1                                 | 389                     |
| Obra 07 | 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 1                                 | 389                     |
| Obra 08 | 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 1                                 | 389                     |
| Obra 09 | 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 0.75                              | 389                     |
| Obra 10 | 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 11 | 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 12 | 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 13 | 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 14 | 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 1                                 | 389                     |
| Obra 15 | 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 0.75                              | 389                     |
| Obra 16 | 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 17 | 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 1                                 | 389                     |
| Obra 18 | 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 1                                 | 389                     |
| Obra 19 | 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 1                                 | 321                     |
| Obra 20 | 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 1                                 | 389                     |

Figura 812 – Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 6 (Fonte: pesquisador 2019)



Partindo destes dados, e realizando uma regressão linear múltipla usando o excel, o programa nos devolve como resultados os que constam na figura 813.

| Estatística de regressão |             |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo               | 0.997545729 |
| Quadrado de R            | 0.995097482 |
| Quadrado de R ajustado   | 0.993790144 |
| Erro-padrão              | 133.481691  |
| Observações              | 20          |

| ANOVA     |    |             |             |             |                    |
|-----------|----|-------------|-------------|-------------|--------------------|
|           | gl | SQ          | MQ          | F           | F de significância |
| Regressão | 4  | 54247673.77 | 13561918.44 | 761.1631047 | 4.03348E-17        |
| Residual  | 15 | 267260.4273 | 17817.36182 |             |                    |
| Total     | 19 | 54514934.2  |             |             |                    |

|                                   | Coeficientes | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|-----------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Constante                         | 944.7329685  | 509.2213323 | 1.85525018   | 0.0833196   | -140.6466038 | 2030.112541  | -140.6466038   | 2030.112541    |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.19388726   | 0.018510161 | 10.47463907  | 2.70563E-08 | 0.154433785  | 0.233340735  | 0.154433785    | 0.233340735    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 442.6483304  | 83.214124   | 5.319389415  | 8.58301E-05 | 265.2816244  | 620.0150364  | 265.2816244    | 620.0150364    |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -688.1780012 | 345.8036494 | -1.990083107 | 0.065129172 | -1425.241029 | 48.88502685  | -1425.241029   | 48.88502685    |
| ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.315449955 | 0.915486196 | -2.529202477 | 0.023131492 | -4.266762582 | -0.364137327 | -4.266762582   | -0.364137327   |

Figura 813 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 6  
(Fonte: pesquisador 2019)

De novo **F** é maior que **F de significância**, e a regressão linear múltipla é significativa/relevante.

Os valores da coluna de coeficientes da figura 813 imediatamente acima continuam sendo fundamentais para a construção do modelo.

Considerando-se agora que  $Y$  = Total de Resíduos Gerados,  $X_1$  = Área Total Construída,  $X_2$  = Nº Total de Pavimentos,  $X_3$  = ( Nº Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos ), e  $X_4$  = Área do Pavimento-tipo, através dos valores da coluna correspondente a “Coeficientes” chega-se no seguinte modelo matemático empírico para geração de resíduos de construção em obra:

$$Y = 944,733 + 0,194 * X_1 + 442,648 * X_2 - 688,178 * X_3 - 2,315 * X_4$$

Como foram as variações de  $R^2$  e  $R^2$  ajustado? Mantiveram-se de novo praticamente constantes. Donde, o percentual de explicação da variável dependente  $Y$  deste modelo continua sendo praticamente a mesma que a do modelo anterior. Novamente com a vantagem de que volta a trabalhar com menos uma variável independente do que a do seu predecessor. O que sugere que continuavam havendo variáveis independentes multicolineares. Designe-se este novo modelo por “Modelo 6”.

Com um nível de significância de  $\bar{d} = 0,05$ , os valores da figura 814 mostram, por um lado, que as variáveis significativas continuaram a ser 3: Área Total Construída, Nº Total de

Pavimentos e Área do Pavimento-tipo (valores de  $P < \bar{d} = 0,05$ ); por outro lado, a única variável independente que não é significativavariável é a razão (Nº de pavimentos-tipo / Nº total de pavimentos) que, no entanto, já tem valor muito próximo de 0,005, ou seja, já está muito próximo de ser significativa. De todo o modo, o passo seguinte será então o de retirar essa variável do modelo, para chegar em um novo modelo matemático empírico, e novamente voltar a verificar quais as implicações que isso tem.

|                                   | Coefficientes | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|-----------------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Constante                         | 944.7329685   | 509.2213323 | 1.85525018   | 0.0833196   | -140.6466038 | 2030.112541  | -140.6466038   | 2030.112541    |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.19388726    | 0.018510161 | 10.47463907  | 2.70563E-08 | 0.154433785  | 0.233340735  | 0.154433785    | 0.233340735    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 442.6483304   | 83.214124   | 5.319389415  | 8.58301E-05 | 265.2816244  | 620.0150364  | 265.2816244    | 620.0150364    |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -688.1780012  | 345.8036494 | -1.990083107 | 0.065129172 | -1425.241029 | 48.88502685  | -1425.241029   | 48.88502685    |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.315449955  | 0.915486196 | -2.529202477 | 0.023131492 | -4.266762582 | -0.364137327 | -4.266762582   | -0.364137327   |

Figura 814 – Excel, variáveis significativas, Modelo 6 (Fonte: pesquisador 2019)

Antes disso apresentam-se as tabelas das figuras 815 e 816, com os principais resultados da regressão múltipla efetuada.

| Modelo | R2          | R2 ajustado | Erro padrão da estimativa | F           |
|--------|-------------|-------------|---------------------------|-------------|
| 6      | 0.995097482 | 0.993790144 | 133.481691                | 761.1631047 |

Figura 815 – Modelo 6, síntese de resultados, parte I de II (Fonte: pesquisador 2019)

|                                   | Coefficientes (β) | Erro-padrão | valor P     |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| Constante                         | 944.7329685       | 509.2213323 | 0.0833196   |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2)        | 0.19388726        | 0.018510161 | 2.70563E-08 |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS               | 442.6483304       | 83.214124   | 8.58301E-05 |
| Nº PAVIM-TIPO / Nº TOTAL DE PAVIM | -688.1780012      | 345.8036494 | 0.065129172 |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)           | -2.315449955      | 0.915486196 | 0.023131492 |

Figura 816 – Modelo 6, síntese de resultados, parte II de II (Fonte: pesquisador 2019)

O conjunto de dados para uma nova regressão linear múltipla, excluindo agora a variável independente razão (Nº de Pavimentos-tipo / Nº Total de Pavimentos), passa a ser o que consta na figura 817.

| OBRA    | TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M <sup>3</sup> ) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M <sup>2</sup> ) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | ÁREA DO PAVIM-TIPO (M <sup>2</sup> ) |
|---------|---|---|---------------------|--------------------------------------|
| Obra 01 | 8809  | 30088.86                                | 8                   | 321                                  |
| Obra 02 | 2778  | 9488.80                                 | 3                   | 321                                  |
| Obra 03 | 2295  | 7839.02                                 | 3                   | 321                                  |
| Obra 04 | 3283  | 11213.72                                | 3                   | 321                                  |
| Obra 05 | 4104  | 14018.01                                | 4                   | 321                                  |
| Obra 06 | 3511  | 11992.50                                | 4                   | 389                                  |
| Obra 07 | 1951  | 6664.02                                 | 3                   | 389                                  |
| Obra 08 | 3428  | 11709.00                                | 4                   | 389                                  |
| Obra 09 | 1188  | 4058.04                                 | 2                   | 389                                  |
| Obra 10 | 2213  | 7559.38                                 | 3                   | 321                                  |
| Obra 11 | 1235  | 4218.63                                 | 2                   | 321                                  |
| Obra 12 | 2418  | 8259.64                                 | 3                   | 321                                  |
| Obra 13 | 3925  | 13407.40                                | 4                   | 321                                  |
| Obra 14 | 1019  | 3480.84                                 | 2                   | 389                                  |
| Obra 15 | 2287  | 7812.24                                 | 3                   | 389                                  |
| Obra 16 | 2353  | 8037.70                                 | 3                   | 321                                  |
| Obra 17 | 1472  | 7991.53                                 | 2                   | 389                                  |
| Obra 18 | 4347  | 16852.89                                | 4                   | 389                                  |
| Obra 19 | 2448  | 8514.45                                 | 3                   | 321                                  |
| Obra 20 | 3150  | 11212.24                                | 3                   | 389                                  |

Figura 817 – Dados de partida para regressão linear múltipla relativa ao modelo 7  
(Fonte: pesquisador 2019)

Partindo destes dados, e realizando uma regressão linear múltipla usando o excel, o programa nos devolve como resultados os que constam na figura 818.

## SUMÁRIO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão |             |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo               | 0.996896723 |
| Quadrado de R            | 0.993803077 |
| Quadrado de R ajustado   | 0.992641154 |
| Erro-padrão              | 145.3067564 |
| Observações              | 20          |

| ANOVA     |    |             |             |            |                    |
|-----------|----|-------------|-------------|------------|--------------------|
|           | gl | SQ          | MQ          | F          | F de significância |
| Regressão | 3  | 54177109.34 | 18059036.45 | 855.308834 | 7.24031E-18        |
| Residual  | 16 | 337824.8554 | 21114.05346 |            |                    |
| Total     | 19 | 54514934.2  |             |            |                    |

|                            | Coefficientes | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|----------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                | 225.4192274   | 390.4697803 | 0.577302621  | 0.571769777 | -602.3397235 | 1053.178178  | -602.3397235   | 1053.178178    |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | 0.195177336   | 0.020137605 | 9.692182126  | 4.23633E-08 | 0.152487521  | 0.237867152  | 0.152487521    | 0.237867152    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS        | 428.4625649   | 90.25304952 | 4.747347233  | 0.000218606 | 237.1346482  | 619.7904816  | 237.1346482    | 619.7904816    |
| ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2)    | -2.057857114  | 0.986577197 | -2.085855136 | 0.053361224 | -4.149307328 | 0.033593101  | -4.149307328   | 0.033593101    |

Figura 818 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 7  
(Fonte: pesquisador 2019)

O **F** torna a ser maior que **F de significância**, e a regressão linear múltipla é significativa/relevante.

Os valores da coluna de coeficientes da figura 818 continuam sendo fundamentais para a construção do modelo.

Considerando-se agora que  $Y = \text{Total de Resíduos Gerados}$ ,  $X_1 = \text{Área Total Construída}$ ,  $X_2 = \text{Nº Total de Pavimentos}$ , e  $X_3 = \text{Área do Pavimento-tipo}$ , através dos

valores da coluna correspondente a “Coeficientes” chega-se no seguinte modelo matemático empírico para geração de resíduos de construção em obra:

$$Y = 225,419 + 0,195 * X1 + 428,463 * X2 - 2,058 * X3$$

Como foram as variações de  $R^2$  e  $R^2$  ajustado? Os respectivos valores quase se mantiveram constantes, variando apenas ao nível da terceira casa decimal (milésimas). Então o percentual de explicação da variável dependente Y deste modelo continua sendo praticamente o mesmo que o do modelo anterior. De novo com a vantagem de que torna a trabalhar com menos uma variável independente do que o seu predecessor. O que sugere que possam continuar havendo variáveis independentes multicolineares. Designe-se este novo modelo por “Modelo 7”.

Com um nível de significância de  $\bar{d} = 0,05$ , os valores da figura 819 mostram, por um lado, que as variáveis significativas voltaram a ser apenas duas: Área Total Construída, e Nº Total de Pavimentos (valores de  $P < \bar{d} = 0,05$ ). No entanto, o valor de P referente à variável independente Área do Pavimento-tipo é tão próximo de 0,05 (valor de  $P = 0,053$ ), que não se vai retirar essa variável do modelo matemático, e considera-se portanto como modelo matemático empírico “definitivo” o modelo 7.

|                            | Coeficientes | Erro-padrão | Stat t       | valor P     | 95% inferior | 95% superior | Inferior 95.0% | Superior 95.0% |
|----------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Interceptar                | 225.4192274  | 390.4697803 | 0.577302621  | 0.571769777 | -602.3397235 | 1053.178178  | -602.3397235   | 1053.178178    |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | 0.195177336  | 0.020137605 | 9.692182126  | 4.24E-08    | 0.152487521  | 0.237867152  | 0.152487521    | 0.237867152    |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS        | 428.4625649  | 90.25304952 | 4.747347233  | 0.000218606 | 237.1346482  | 619.7904816  | 237.1346482    | 619.7904816    |
| ÁREA DO PAVIM-TIPO (M2)    | -2.057857114 | 0.986577197 | -2.085855136 | 0.053361224 | -4.149307328 | 0.033593101  | -4.149307328   | 0.033593101    |

Figura 819 – Excel, resultados de regressão linear múltipla relativa ao Modelo 7  
(Fonte: pesquisador 2019)

Apresentam-se as tabelas-síntese das figuras 820 e 821, com os principais resultados da regressão múltipla efetuada para chegar no modelo 7.

| Modelo | R2          | R2 ajustado | Erro padrão da estimativa | F          |
|--------|-------------|-------------|---------------------------|------------|
| 12     | 0.993803077 | 0.992641154 | 145.3067564               | 855.308834 |

Figura 820 – Modelo 7, síntese de resultados, parte I de II (Fonte: pesquisador 2019)

|                            | Coefficientes ( $\beta$ ) | Erro-padrão | valor P     |
|----------------------------|---------------------------|-------------|-------------|
| Constante                  | 225.4192274               | 390.4697803 | 0.571769777 |
| ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | 0.195177336               | 0.020137605 | 4.23633E-08 |
| Nº TOTAL PAVIMENTOS        | 428.4625649               | 90.25304952 | 0.000218606 |
| ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2)    | -2.057857114              | 0.986577197 | 0.053361224 |

Figura 821 – Modelo 7, síntese de resultados, parte II de II (Fonte: pesquisador 2019)

### 6.3.2.6 MODELO MATEMÁTICO EMPÍRICO DE ESTIMATIVA DE RESÍDUOS EM OBRAS VERTICAIS RESIDENCIAIS

O modelo para estimar a geração de resíduos durante a produção de obras residenciais verticais foi elaborado a partir dos coeficientes parciais de regressão estimados na análise de regressão do Modelo 7 descrito anteriormente. A equação a seguir apresenta o modelo de estimativa adotado.

$$VR = 225,419 + 0,195 * ATC + 428,463 * NTP - 2,058 * APT + \epsilon$$

sendo que:

VR = Volume total de resíduos gerados em obra;

ATC = Área total construída;

NTP = Número total de pavimentos;

APT = Área do pavimento-tipo;

$\epsilon$  = Erro (= Erro padrão, neste caso = 145,307)

Para completar a análise referente ao modelo, foram realizados testes de normalidade aos resíduos da respectiva regressão, quer aos resíduos não padronizados quanto aos resíduos estudentizados.

### 6.3.3 TESTE DE NORMALIDADE AOS RESÍDUOS DA REGRESSÃO NÃO PADRONIZADOS

Resíduos de regressão são a diferença, neste caso, entre cada um dos valores de resíduos observados gerados por uma determinada obra e os valores de resíduos de geração previstos pelo modelo matemático empírico (não se trata de resíduos de construção mas sim “resíduos” da regressão linear múltipla efetuada e que deu origem ao modelo).

Neste caso se chegaria nos resíduos de regressão não padronizados que constam na figura 822.

| TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2) | TOTAL RESÍDUOS PREV MOD EMPÍRICO | RES REGRESS NÃO PADRONIZADOS |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 321                     | 9005.14                          | -196.14                      |
| 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 321                     | 2845.81                          | -67.81                       |
| 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 321                     | 2524.11                          | -229.11                      |
| 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 321                     | 3182.17                          | 100.83                       |
| 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 321                     | 4157.47                          | -53.47                       |
| 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 389                     | 3622.55                          | -111.55                      |
| 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 389                     | 2155.04                          | -204.04                      |
| 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 389                     | 3567.27                          | -139.27                      |
| 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 389                     | 1218.41                          | -30.41                       |
| 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 321                     | 2469.58                          | -256.58                      |
| 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 321                     | 1389.67                          | -154.67                      |
| 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 321                     | 2606.13                          | -188.13                      |
| 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 321                     | 4038.4                           | -113.4                       |
| 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 389                     | 1105.85                          | -86.85                       |
| 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 389                     | 2378.94                          | -91.94                       |
| 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 321                     | 2562.85                          | -209.85                      |
| 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 389                     | 1985.44                          | -513.44                      |
| 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 389                     | 4570.33                          | -223.33                      |
| 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 321                     | 2655.81                          | -207.81                      |
| 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 389                     | 3041.94                          | 108.06                       |

Figura 822 – Resíduos da regressão não padronizados (Fonte: pesquisador 2019)

De posse dos resíduos não padronizados da regressão, para verificar se eles seguem uma distribuição normal ou não, e tomando em atenção de que se trata de uma amostra com menos de 30 elementos (amostras pequenas), dever-se-à aplicar o teste não paramétrico de Shapiro-Wilk, já anteriormente visto.

Assim , tem-se que:

Passo 1:  $n$  ( $n^\circ$  elementos da amostra) = 20 -> Então considera-se a hipótese  $H_0$  em como os resíduos de regressão seguem distribuição normal de parâmetros  $\mu$  e  $\sigma^2$ , contra a hipótese  $H_1$  em como não seguem distribuição normal. O que em termos de formulação vem conforme se segue:

$H_0: R_{regress} \sim N(\mu, \sigma^2)$  versus  $H_1: R_{regress} \sim N(\mu, \sigma^2)$

Passo 2: Identificação da estatística de teste ->  $ET = b^2 / [(n-1) * s^2] \sim W_n$   $n$   $O \sim W_n$  significa, no caso, que a estatística de teste **ET** segue uma distribuição de Shapiro-Wilk de número de graus de liberdade  $n$  ( $n=20$ , neste caso, que é o  $n^\circ$  de elementos da amostra).

Ora,  $S^2 = (1 / (n - 1)) * [(\sum_{i=1 \text{ até } n} R_{regress}^2) - n * R_{regress}^2]$ ; Donde, haverá que se calcular em primeiro lugar o valor da média dos resíduos de regressão ( $R_{regress}$ ), para se chegar no valor da variância,  $S^2$ , e depois calcular-se o valor de **b**. Feito isso chega-se

ao valor da estatística de teste (ET) pretendido. Recorrendo, e partindo da figura imediatamente anterior, ao excel, se chegaria aos resultados da figura 823.

| TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS (M³) | ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA (M2) | Nº TOTAL PAVIMENTOS | ÀREA DO PAVIM-TIPO (M2) | TOTAL RESÍDUOS PREV MOD EMPÍRICO | RES REGRESS NÃO PADRONIZADOS (Rregress) | Rregress ^2        |             |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------------|---|--------------------|-------------|
| 8809                           | 30088.86                   | 8                   | 321                     | 9005.14                          | -196.14                                 | 38470.8996         |             |
| 2778                           | 9488.80                    | 3                   | 321                     | 2845.81                          | -67.81                                  | 4598.1961          |             |
| 2295                           | 7839.02                    | 3                   | 321                     | 2524.11                          | -229.11                                 | 52491.3921         |             |
| 3283                           | 11213.72                   | 3                   | 321                     | 3182.17                          | 100.83                                  | 10166.6889         |             |
| 4104                           | 14018.01                   | 4                   | 321                     | 4157.47                          | -53.47                                  | 2859.0409          |             |
| 3511                           | 11992.50                   | 4                   | 389                     | 3622.55                          | -111.55                                 | 12443.4025         |             |
| 1951                           | 6664.02                    | 3                   | 389                     | 2155.04                          | -204.04                                 | 41632.3216         |             |
| 3428                           | 11709.00                   | 4                   | 389                     | 3567.27                          | -139.27                                 | 19396.1329         |             |
| 1188                           | 4058.04                    | 2                   | 389                     | 1218.41                          | -30.41                                  | 924.7681           |             |
| 2213                           | 7559.38                    | 3                   | 321                     | 2469.58                          | -256.58                                 | 65833.2964         |             |
| 1235                           | 4218.63                    | 2                   | 321                     | 1389.67                          | -154.67                                 | 23922.8089         |             |
| 2418                           | 8259.64                    | 3                   | 321                     | 2606.13                          | -188.13                                 | 35392.8969         |             |
| 3925                           | 13407.40                   | 4                   | 321                     | 4038.4                           | -113.4                                  | 12859.56           |             |
| 1019                           | 3480.84                    | 2                   | 389                     | 1105.85                          | -86.85                                  | 7542.9225          |             |
| 2287                           | 7812.24                    | 3                   | 389                     | 2378.94                          | -91.94                                  | 8452.9636          |             |
| 2353                           | 8037.70                    | 3                   | 321                     | 2562.85                          | -209.85                                 | 44037.0225         |             |
| 1472                           | 7991.53                    | 2                   | 389                     | 1985.44                          | -513.44                                 | 263620.6336        |             |
| 4347                           | 16852.89                   | 4                   | 389                     | 4570.33                          | -223.33                                 | 49876.2889         |             |
| 2448                           | 8514.45                    | 3                   | 321                     | 2655.81                          | -207.81                                 | 43184.9961         |             |
| 3150                           | 11212.24                   | 3                   | 389                     | 3041.94                          | 108.06                                  | 11676.9636         |             |
|                                |                            |                     |                         | <b>SOMA</b>                      | <b>-2868.91</b>                         | <b>749383.1957</b> | <b>SOMA</b> |
|                                |                            |                     |                         | <b>MÉDIA</b>                     | <b>-143.4455</b>                        | <b>17781.62981</b> | <b>S^2</b>  |

Figura 823 – Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte I de IV (Fonte: pesquisador 2019)

Para se chegar ao valor de **ET**, falta determinar o valor de **b**. A expressão que define o valor de **b** é a seguinte:

$$b = ( \sum_{i=1}^{\text{até } n/2} a_{i,n} * (Y_{(i-1+n)} - Y_i) );$$
 acontece que para se chegar àqueles valores de  $a_{i,n}$  tem que se consultar uma tabela de Shapiro-Wilk. No caso, como se tem uma amostra de 20 valores de resíduos de regressão, se trata de determinar/retirar  $(20 / 2) = 10$  valores de  $a_{i,n}$  dessa tabela.

Entrando-se então na tabela da figura 824 (já anteriormente vista) resultam os seguintes 10 valores de  $a_{i,n}$ :

$a_{1,20}= 0,4734; a_{2,20}= 0,3211; a_{3,20}= 0,2565; a_{4,20}= 0,2085; a_{5,20} = 0,1686; a_{6, 20}= 0,1334; a_{7,20}= 0,1013; a_{8, 20}=0,0711; a_{9,20}= 0,0422; a_{10,20}= 0,0140$



| ln | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     |  |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 1  | 0,7071 | 0,7071 | 0,6872 | 0,6646 | 0,6431 | 0,6233 | 0,6062 | 0,5888 | 0,5739 | 0,5601 | 0,5475 | 0,5359 |  |
| 2  |        |        | 0,1677 | 0,2413 | 0,2806 | 0,3031 | 0,3164 | 0,3244 | 0,3291 | 0,3315 | 0,3325 | 0,3325 |  |
| 3  |        |        |        |        | 0,0875 | 0,1401 | 0,1743 | 0,1976 | 0,2141 | 0,2260 | 0,2347 | 0,2412 |  |
| 4  |        |        |        |        |        |        | 0,0561 | 0,0947 | 0,1224 | 0,1429 | 0,1586 | 0,1707 |  |
| 5  |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0399 | 0,0695 | 0,0922 | 0,1099 |  |
| 6  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0303 | 0,0539 |  |
|    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
| ln | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     | 24     | 25     |  |
| 1  | 0,5251 | 0,5150 | 0,5056 | 0,4968 | 0,4886 | 0,4808 | 0,4734 | 0,4643 | 0,4590 | 0,4542 | 0,4493 | 0,4450 |  |
| 2  | 0,3318 | 0,3306 | 0,3290 | 0,3273 | 0,3253 | 0,3232 | 0,3211 | 0,3185 | 0,3156 | 0,3126 | 0,3098 | 0,3069 |  |
| 3  | 0,2460 | 0,2495 | 0,2521 | 0,2540 | 0,2553 | 0,2561 | 0,2565 | 0,2578 | 0,2571 | 0,2563 | 0,2554 | 0,2543 |  |
| 4  | 0,1802 | 0,1878 | 0,1939 | 0,1988 | 0,2027 | 0,2059 | 0,2085 | 0,2119 | 0,2131 | 0,2139 | 0,2145 | 0,2148 |  |
| 5  | 0,1240 | 0,1353 | 0,1447 | 0,1524 | 0,1587 | 0,1641 | 0,1686 | 0,1736 | 0,1764 | 0,1787 | 0,1807 | 0,1822 |  |
| 6  | 0,0727 | 0,0880 | 0,1005 | 0,1109 | 0,1197 | 0,1271 | 0,1334 | 0,1399 | 0,1443 | 0,1480 | 0,1512 | 0,1539 |  |
| 7  | 0,0240 | 0,0433 | 0,0593 | 0,0725 | 0,0837 | 0,0932 | 0,1013 | 0,1092 | 0,115  | 0,1201 | 0,1245 | 0,1283 |  |
| 8  |        |        | 0,0196 | 0,0359 | 0,0496 | 0,0612 | 0,0711 | 0,0804 | 0,0878 | 0,0941 | 0,0997 | 0,1046 |  |
| 9  |        |        |        |        | 0,0163 | 0,0303 | 0,0422 | 0,0530 | 0,0618 | 0,0696 | 0,0764 | 0,0823 |  |
| 10 |        |        |        |        |        |        | 0,0140 | 0,0263 | 0,0368 | 0,0459 | 0,0539 | 0,061  |  |
| 11 |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0122 | 0,0228 | 0,0321 | 0,0403 |  |
| 12 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0107 | 0,0200 |  |
| 13 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,0000 |  |

Figura 824 – Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte II de IV (Fonte: pesquisador 2019)

Para aplicação da expressão para cálculo de **b** é conveniente ordenar os resíduos da regressão (crescentemente ou decrescentemente).

Assim, se teriam os valores ordenados por exemplo da seguinte forma:

108,06 ; 100,83 ; -30,41 ; -53,47 ; -67,81 ; -86,85 ; -91,94 ; -111,55 ; -113,40 ; -139,27 ; -154,67 ; -188,13; -196,14; -204,04; -207,81; -209,85; -223,33; -229,11; - 256,58; -513,44

Aplicando-se a expressão viria:

$$b = 0,4734 * (108,06 + 513,44) + 0,3211 * (100,83 + 256,58) + 0,2565 * (-30,41 + 229,11) + 0,2085 * (-53,47 + 223,33) + 0,1686 * (-67,81 + 209,85) + 0,1334 * (-86,85 + 207,81) + 0,1013 * (-91,94 + 204,04) + 0,0711 * (-111,55 + 196,14) + 0,0422 * (-113,4 + 188,13) + 0,0140 * (-139,27 + 154,67) = 556,188$$

Finalmente, o valor de **ET** =  $(556,188^2) / (19 * 17781,630) = 0,916$

Passo 3: Determinar, em uma outra tabela de Shapiro-Wilk (esta agora uma tabela para quantis e probabilidades) o valor de  $W_{n,\alpha}$ ; no caso presente  $n = 20$  e  $\alpha = 0,05$  (erro máximo admissível de 5%).

Assim, consultando a tabela da figura 825 se tiraria que  $W_{n,\alpha} = 0,905$



| n \ P | 0.01  | 0.02  | 0.05  | 0.1   | 0.5   | 0.9   | 0.95  | 0.98  | 0.99  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3     | 0.753 | 0.756 | 0.767 | 0.789 | 0.959 | 0.998 | 0.999 | 1.000 | 1.000 |
| 4     | 0.687 | 0.707 | 0.748 | 0.792 | 0.935 | 0.987 | 0.992 | 0.996 | 0.997 |
| 5     | 0.686 | 0.715 | 0.762 | 0.806 | 0.927 | 0.979 | 0.986 | 0.991 | 0.993 |
| 6     | 0.713 | 0.743 | 0.788 | 0.826 | 0.927 | 0.974 | 0.981 | 0.986 | 0.989 |
| 7     | 0.730 | 0.760 | 0.803 | 0.838 | 0.928 | 0.972 | 0.979 | 0.985 | 0.988 |
| 8     | 0.749 | 0.778 | 0.818 | 0.851 | 0.932 | 0.972 | 0.978 | 0.984 | 0.987 |
| 9     | 0.764 | 0.791 | 0.829 | 0.859 | 0.935 | 0.972 | 0.978 | 0.984 | 0.986 |
| 10    | 0.781 | 0.806 | 0.842 | 0.869 | 0.938 | 0.972 | 0.978 | 0.983 | 0.986 |
| 11    | 0.792 | 0.817 | 0.850 | 0.876 | 0.940 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 12    | 0.805 | 0.828 | 0.859 | 0.883 | 0.943 | 0.973 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 13    | 0.814 | 0.837 | 0.866 | 0.889 | 0.945 | 0.974 | 0.979 | 0.984 | 0.986 |
| 14    | 0.825 | 0.846 | 0.874 | 0.895 | 0.947 | 0.975 | 0.980 | 0.984 | 0.986 |
| 15    | 0.835 | 0.855 | 0.881 | 0.901 | 0.950 | 0.975 | 0.980 | 0.984 | 0.987 |
| 16    | 0.844 | 0.863 | 0.887 | 0.906 | 0.952 | 0.976 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
| 17    | 0.851 | 0.869 | 0.892 | 0.910 | 0.954 | 0.977 | 0.981 | 0.985 | 0.987 |
| 18    | 0.858 | 0.874 | 0.897 | 0.914 | 0.956 | 0.978 | 0.982 | 0.986 | 0.988 |
| 19    | 0.863 | 0.879 | 0.901 | 0.917 | 0.957 | 0.978 | 0.982 | 0.986 | 0.988 |
| 20    | 0.868 | 0.884 | 0.905 | 0.920 | 0.959 | 0.979 | 0.983 | 0.986 | 0.988 |
| 21    | 0.873 | 0.888 | 0.908 | 0.923 | 0.960 | 0.980 | 0.983 | 0.987 | 0.989 |
| 22    | 0.878 | 0.892 | 0.911 | 0.926 | 0.961 | 0.980 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 23    | 0.881 | 0.895 | 0.914 | 0.928 | 0.962 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 24    | 0.884 | 0.898 | 0.916 | 0.930 | 0.963 | 0.981 | 0.984 | 0.987 | 0.989 |
| 25    | 0.888 | 0.901 | 0.918 | 0.931 | 0.964 | 0.981 | 0.985 | 0.988 | 0.989 |
| 26    | 0.891 | 0.904 | 0.920 | 0.933 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.989 |
| 27    | 0.894 | 0.906 | 0.923 | 0.935 | 0.965 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 28    | 0.896 | 0.908 | 0.924 | 0.936 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 29    | 0.898 | 0.910 | 0.926 | 0.937 | 0.966 | 0.982 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 30    | 0.900 | 0.912 | 0.927 | 0.939 | 0.967 | 0.983 | 0.985 | 0.988 | 0.990 |
| 31    | 0.902 | 0.914 | 0.929 | 0.940 | 0.967 | 0.983 | 0.986 | 0.988 | 0.990 |
| 32    | 0.904 | 0.915 | 0.930 | 0.941 | 0.968 | 0.983 | 0.986 | 0.988 | 0.990 |
| 33    | 0.906 | 0.917 | 0.931 | 0.942 | 0.968 | 0.983 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 34    | 0.908 | 0.919 | 0.933 | 0.943 | 0.969 | 0.983 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 35    | 0.910 | 0.920 | 0.934 | 0.944 | 0.969 | 0.984 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 36    | 0.912 | 0.922 | 0.935 | 0.945 | 0.970 | 0.984 | 0.986 | 0.989 | 0.990 |
| 37    | 0.914 | 0.924 | 0.936 | 0.946 | 0.970 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.990 |
| 38    | 0.916 | 0.925 | 0.938 | 0.947 | 0.971 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.990 |
| 39    | 0.917 | 0.927 | 0.939 | 0.948 | 0.971 | 0.984 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 40    | 0.919 | 0.928 | 0.940 | 0.949 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 41    | 0.920 | 0.929 | 0.941 | 0.950 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 42    | 0.922 | 0.930 | 0.942 | 0.951 | 0.972 | 0.985 | 0.987 | 0.989 | 0.991 |
| 43    | 0.923 | 0.932 | 0.943 | 0.951 | 0.973 | 0.985 | 0.987 | 0.990 | 0.991 |
| 44    | 0.924 | 0.933 | 0.944 | 0.952 | 0.973 | 0.985 | 0.987 | 0.990 | 0.991 |
| 45    | 0.926 | 0.934 | 0.945 | 0.953 | 0.973 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 46    | 0.927 | 0.935 | 0.945 | 0.953 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 47    | 0.928 | 0.936 | 0.946 | 0.954 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 48    | 0.929 | 0.937 | 0.947 | 0.954 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 49    | 0.929 | 0.939 | 0.947 | 0.955 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |
| 50    | 0.930 | 0.938 | 0.947 | 0.955 | 0.974 | 0.985 | 0.988 | 0.990 | 0.991 |

Figura 825 – Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte III de IV (Fonte: pesquisador 2019)

**Passo 4:** Comparar os valores de ET e  $W_{n,\alpha}$ ; Se  $ET > W_{n,\alpha}$  não se rejeita a hipótese  $H_0$  e a variável Y (no caso presente Resíduos de Regressão não padronizados) segue uma distribuição normal.

Ora, neste caso  $ET = 0,916 > 0,905$ , donde, a variável Resíduos de Regressão não Padronizados segue distribuição normal.

**Passo 5:** Confirmação da normalidade dos dados (valores da amostra de Resíduos de Regressão não Padronizados), através da determinação do valor de prova,  $\hat{\alpha}_p$ , nas tabelas de Shapiro-Wilk ( $\hat{\alpha}_p = P (ET \leq \text{Etc calculado})$ ).

Para determinar o valor de  $\hat{\alpha}_p$  entra-se na tabela de Shapiro-Wilk da figura imediatamente anterior, e verifica-se nessa tabela qual o valor de P (entrando na linha de n

= 20, que é o  $n^0$  de elementos da presente amostra) para o qual se encontra o valor de 0,916 (valor de ET). Se chegaria à conclusão, neste caso, de que P estaria compreendido entre 0,05 e 0,1; em torno de 0,08 , aproximadamente.

Então,  $\bar{d}_p = P (ET \leq 0,916) = 8\%$  ; ora, como se havia considerado que o erro máximo admissível  $\bar{d} = 0,05$ ,  $\bar{d}_p > \bar{d}$  e, assim sendo, **não se pode rejeitar a hipótese de uma distribuição normal para os Resíduos de Regressão não Padronizados.**

A figura 826 sintetiza os resultados para a distribuição de Resíduos de Regressão não Padronizados.

| Teste de Normalidade      |           |    |         |
|---------------------------|-----------|----|---------|
| Shapiro - Wilk            |           |    |         |
|                           | Statistic | df | p-valor |
| Resíduos não Padronizados | 0,916     | 20 | 0,08    |

Figura 826 – Teste de normalidade aos resíduos da regressão não normalizados, parte IV de IV (Fonte: pesquisador 2019)

#### 6.3.4 TESTE DE NORMALIDADE AOS RESÍDUOS DA REGRESSÃO ESTUDENTIZADOS

Resíduos de regressão estudentizados são os resíduos da regressão divididos, cada um, pelo desvio-padrão da amostra, depois de eliminada a observação correspondente.

No presente caso, e com o auxílio do excel, se chegaria aos valores que constam na figura 827.

| RES REGRESS<br>NÃO<br>PADRONIZADOS<br>(Rregress) | DESV-PADRÃO<br>SEM A<br>OBSERVAÇ | RES REGRESS<br>ESTUDENTIZADOS |
|--|----------------------------------|-------------------------------|
| -196.14  | 136.4079                         | -1.43789326                   |
| -67.81   | 135.7754                         | -0.499427731                  |
| -229.11  | 135.4266                         | -1.691765133                  |
| 100.83   | 123.6123                         | 0.815695525                   |
| -53.47   | 135.263                          | -0.395303963                  |
| -111.55  | 136.7845                         | -0.815516378                  |
| -204.04  | 136.2159                         | -1.497916176                  |
| -139.27  | 136.9981                         | -1.016583442                  |
| -30.41   | 134.2472                         | -0.226522415                  |
| -256.58  | 134.2423                         | -1.911320053                  |
| -154.67  | 136.9749                         | -1.129184982                  |
| -188.13  | 136.575                          | -1.377484898                  |
| -113.4   | 136.809                          | -0.828892836                  |
| -86.85   | 136.3165                         | -0.637120231                  |
| -91.94   | 136.4345                         | -0.673876476                  |
| -209.85  | 136.0574                         | -1.542363738                  |
| -513.44  | 103.7492                         | -4.948857437                  |
| -223.33  | 135.633                          | -1.646575686                  |
| -207.81  | 136.1148                         | -1.52672597                   |
| 108.06   | 122.7615                         | 0.880243399                   |

Figura 827 – Resíduos de regressão estudentizados (Fonte: pesquisador 2019)

Novamente, seguindo os passos para determinar se os valores agora dos Resíduos Estudentizados seguem uma distribuição normal, e a partir do teste não parametrizado de Shapiro-Wilk, viria:

Passo 1:  $n$  ( $n^\circ$  elementos da amostra) = 20 -> Então considera-se a hipótese  $H_0$  em como os resíduos de regressão estudentizados seguem distribuição normal de parâmetros  $\mu$  e  $\sigma^2$ , contra a hipótese  $H_1$  em como não seguem distribuição normal. O que em termos de formulação vem conforme se segue:

$H_0$ : Rregress estudentiz  $\sim N(\mu, \sigma^2)$  versus  $H_1$ : Rregress estudentiz  $\not\sim N(\mu, \sigma^2)$

Passo 2: Identificação da estatística de teste ->  $ET = b^2 / [(n-1) * s^2] \sim W_n$   $n$   
 $O \sim W_n$  significa, no caso, que a estatística de teste **ET** segue uma distribuição de Shapiro-Wilk de número de graus de liberdade  $n$  ( $n=20$ , neste caso)

Ora,  $S^2 = (1/(n-1)) * [(\sum_{i=1}^{n} \text{Rregressestudentiz}^2) - n * \overline{\text{Rregressestudentiz}}^2]$ ;  
 Onde, haverá que se calcular em primeiro lugar o valor da média dos resíduos de regressão estudentizados ( $\overline{\text{Rregressestudentiz}}$ ), para se chegar no valor da variância,

$S^{\wedge 2}$ , e depois calcular-se o valor de **b**. Feito isso chega-se ao valor da estatística de teste (ET) pretendido. Recorrendo, e partindo da figura imediatamente anterior, ao excel, se chegaria aos resultados da figura 828.

| RES REGRESS<br>NÃO<br>PADRONIZADOS<br>(Rregress) | DESV-PADRÃO<br>SEM A<br>OBSERVAÇ | RES REGRESS<br>ESTUDENTIZADOS<br>(Rregstudent) | Rregstudent ^2 |      |
|--|----------------------------------|--|----------------|------|
| -196.14  | 136.4079                         | -1.43789326                                    | 2.067537027    |      |
| -67.81   | 135.7754                         | -0.499427731                                   | 0.249428059    |      |
| -229.11  | 135.4266                         | -1.691765133                                   | 2.862069266    |      |
| 100.83   | 123.6123                         | 0.815695525                                    | 0.66535919     |      |
| -53.47   | 135.263                          | -0.395303963                                   | 0.156265223    |      |
| -111.55  | 136.7845                         | -0.815516378                                   | 0.665066963    |      |
| -204.04  | 136.2159                         | -1.497916176                                   | 2.243752869    |      |
| -139.27  | 136.9981                         | -1.016583442                                   | 1.033441894    |      |
| -30.41   | 134.2472                         | -0.226522415                                   | 0.051312405    |      |
| -256.58  | 134.2423                         | -1.911320053                                   | 3.653144346    |      |
| -154.67  | 136.9749                         | -1.129184982                                   | 1.275058724    |      |
| -188.13  | 136.575                          | -1.377484898                                   | 1.897464645    |      |
| -113.4   | 136.809                          | -0.828892836                                   | 0.687063334    |      |
| -86.85   | 136.3165                         | -0.637120231                                   | 0.405922189    |      |
| -91.94   | 136.4345                         | -0.673876476                                   | 0.454109504    |      |
| -209.85  | 136.0574                         | -1.542363738                                   | 2.378885899    |      |
| -513.44  | 103.7492                         | -4.948857437                                   | 24.49118993    |      |
| -223.33  | 135.633                          | -1.646575686                                   | 2.711211489    |      |
| -207.81  | 136.1148                         | -1.52672597                                    | 2.330892186    |      |
| 108.06   | 122.7615                         | 0.880243399                                    | 0.774828441    |      |
|  | SOMA                             | -22.10739188                                   | 51.05400359    | SOMA |
|  | MÉDIA                            | -1.072884212                                   | 3.816404622    | S ^2 |

Figura 828 – Teste de normalidade aos resíduos da regressão estudentizados  
(Fonte: pesquisador 2019)

Para se chegar no valor da estatística de teste, ET, faltará determinar o valor de **b**. Para determinar esse valor, por um lado é conveniente ordenar os valores dos Resíduos de Regressão Estudentizados, seja crescentemente ou decrescentemente, e por outro lado, é obrigatório recorrer a uma tabela de Shapiro-Wilk para determinação de coeficientes  $a_{i,n}$ . A expressão para determinação de **b** é:

$$b = \left( \sum_{i=1 \text{ até } n/2} a_{i,n} * (Y_{(i-1+n)} - Y_i) \right)$$

Neste caso particular, podem-se tomar os valores de  $a_{i,n}$  anteriormente determinados para os Resíduos de Regressão não Padronizados pois o n ( $n^0$  de elementos da amostra) continua valendo 20. Desse modo viria que:

$$a_{1,20}= 0,4734; a_{2,20}= 0,3211; a_{3,20}= 0,2565; a_{4,20}= 0,2085; a_{5,20}= 0,1686; a_{6,20}= 0,1334; a_{7,20}= 0,1013; a_{8,20}=0,0711; a_{9,20}= 0,0422; a_{10,20}= 0,0140$$

Ordenando decrescentemente os valores dos Resíduos de Regressão Estudentizados, vem:

$$0,88024; 0,81570; -0,22652; -0,39530; -0,49943; -0,63712; -0,67388; -0,81552; -0,82889; -1,01658; -1,12918; -1,37748; -1,43789; -1,49792; -1,52673; -1,54236; -1,64658; -1,69177; -1,91132; -4,94886$$

Então, o cálculo de **b** fica:

$$\mathbf{b} = 0,4734 \cdot (0,88024 + 4,94886) + 0,3211 \cdot (0,81570 + 1,91132) + 0,2565 \cdot (-0,22652 + 1,69177) + 0,2085 \cdot (-0,39530 + 1,64658) + 0,1686 \cdot (-0,49943 + 1,54236) + 0,1334 \cdot (-0,63712 + 1,52673) + 0,1013 \cdot (-0,67388 + 1,49792) + 0,0711 \cdot (-0,81552 + 1,43789) + 0,0422 \cdot (-0,82889 + 1,37748) + 0,0140 \cdot (-1,01658 + 1,12918) = \mathbf{4,71884}$$

Finalmente, o valor de **ET** =  $(4,71884^2) / (19 \cdot 3,81640) = \mathbf{0,307}$

Passo 3: Determinar, em uma outra tabela de Shapiro-Wilk (esta agora uma tabela para quantis e probabilidades) o valor de  $W_{n,\bar{\alpha}}$ ; no caso presente  $n = 20$  e  $\bar{\alpha} = 0,05$  (erro máximo admissível de 5%).

Neste caso, o valor de  $W_{n,\bar{\alpha}}$  vem o mesmo que aquele a que se havia chegado para os Resíduos de Regressão não Normalizados, ou seja,  $W_{n,\bar{\alpha}} = 0,905$

Passo 4: Comparar os valores de ET e  $W_{n,\bar{\alpha}}$ ; Se  $ET > W_{n,\bar{\alpha}}$  não se rejeita a hipótese  $H_0$  e a variável Y (no caso presente Resíduos de Regressão não padronizados) segue uma distribuição normal. Caso  $ET < W_{n,\bar{\alpha}}$ , então os resíduos de regressão estudentizados não seguem uma distribuição normal. É este o caso, visto que  $ET = 0,307 < 0,905$ .

Passo 5: Confirmação da normalidade dos dados (valores da amostra de Resíduos de Regressão Estudentizados), através da determinação do valor de prova,  $\bar{\alpha}_p$ , nas tabelas de Shapiro-Wilk ( $\bar{\alpha}_p = P(ET \leq ET_{calculado})$ ).

Para determinar o valor de  $\bar{\alpha}_p$  entra-se na tabela de Shapiro-Wilk da figura imediatamente anterior, e verifica-se nessa tabela qual o valor de P (entrando na linha de  $n = 20$ , que é o  $n^o$  de elementos da presente amostra) para o qual se encontra o valor de 0,307 (valor de ET). Se chegaria à conclusão, neste caso, de que não existiria nenhum valor de P nessas condições o que reforça/confirma a hipótese de que **os Resíduos de Regressão Estudentizados não seguem uma distribuição normal.**

### 6.3.5 GRÁFICOS DE DISPERSÃO DA VARIÁVEL DEPENDENTE Y E DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES “X” DO MODELO, EM RELAÇÃO AOS RESÍDUOS DE REGRESSÃO ESTUDENTIZADOS

No gráfico da figura 829, mostra-se a dispersão do volume de resíduos previstos pelo modelo matemático empírico (variável dependente Y do modelo) em relação aos resíduos estudentizados. É possível observar uma distribuição aleatória dos pontos, o que indica relação linear entre os dados e adequação do teste adotado.

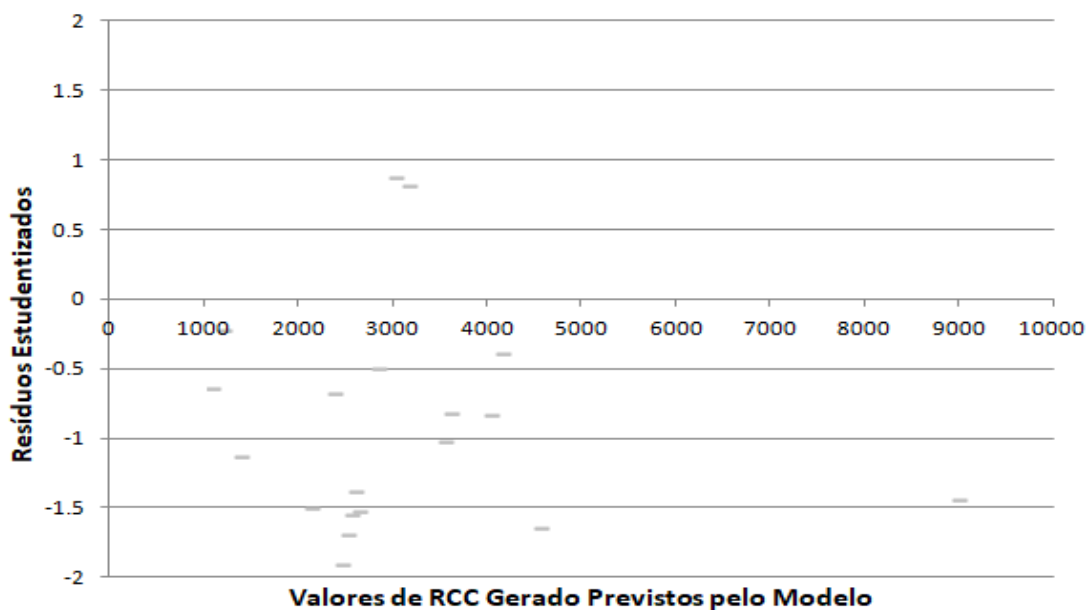


Figura 829 – Gráfico Valores de RCC Gerados Previstos pelo Modelo *versus* Resíduos estudentizados (Fonte: pesquisador 2019)

No gráfico da figura 830 não é possível visualizar qualquer tipo de tendência nos dados da variável independente área total construída *versus* resíduos estudentizados.

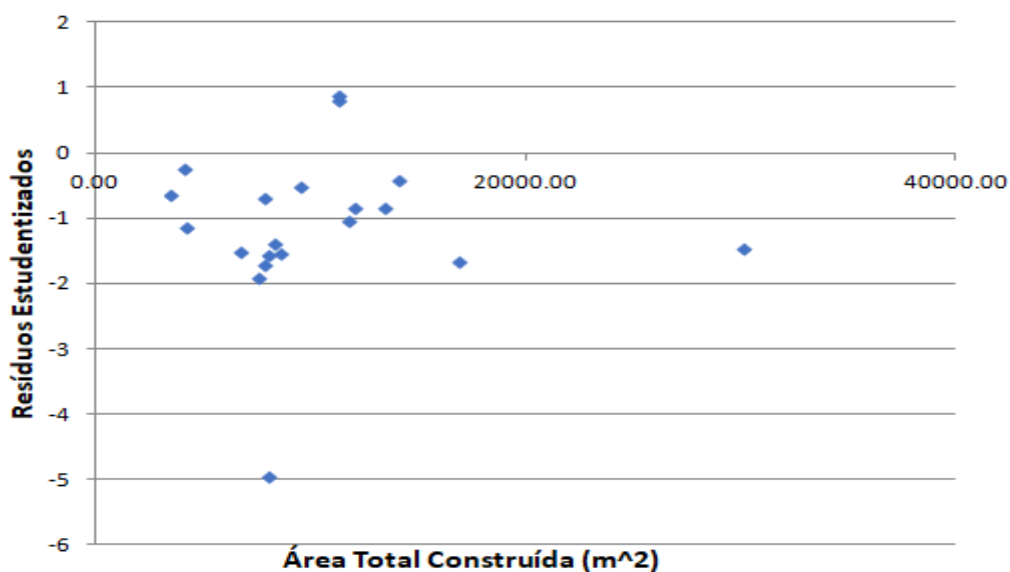


Figura 830 – Gráfico Área Total Construída *versus* Resíduos estudentizados (Fonte: pesquisador 2019)

Da mesma forma que no gráfico da variável independente área total construída, observa-se que no gráfico da figura 831 que a distribuição da variável independente Número Total de Pavimentos se apresentou aleatória relativamente aos Resíduos de Regressão Estudentizados.

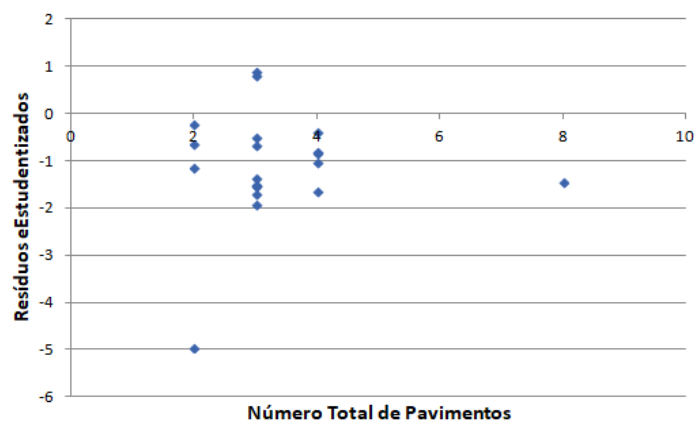


Figura 831 – Gráfico Número Total de Pavimentos *versus* Resíduos estudentizados  
(Fonte: pesquisador 2019)

No gráfico da figura 832 observa-se que a distribuição aleatória se mantém para a variável independente Área do Pavimento Tipo.

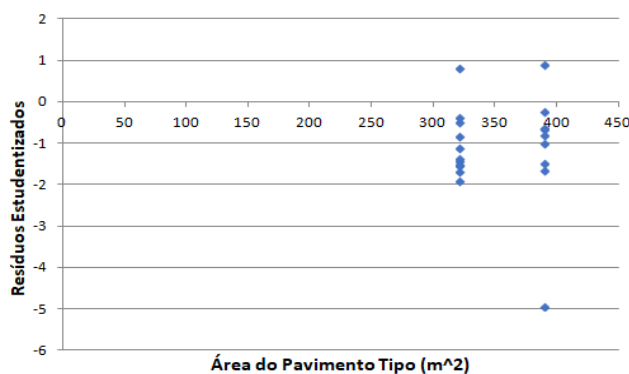


Figura 832 – Gráfico Área do Pavimento Tipo *versus* Resíduos estudentizados  
(Fonte: pesquisador 2019)

Frente aos resultados encontrados nos testes de normalidade realizados e nos gráficos de dispersão, e sob o ponto de vista estatístico, eventualmente o modelo empírico não cumpre critérios de validade (acerca das distribuições normais, nomeadamente), mas, em termos práticos de Engenharia, e face à proximidade entre os valores previstos para os resíduos gerados, e os efetivamente observados, considera-se perfeitamente válido.

#### 6.4 APLICAÇÃO DO MODELO PARA ESTIMAR A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DAS OBRAS ESTUDADAS

Para verificar a capacidade de predição do modelo proposto foi realizada a operação inversa, onde foram lançados na equação os valores das variáveis independentes utilizadas para verificação da aproximação do resultado ao valor real coletado.

Na tabela da figura 833 observam-se os resultados de geração de resíduos informados pelas empresas, os resultados de geração estimados pelo modelo proposto e, por fim, um comparativo com estimativas realizadas, sendo elas: índice de geração de resíduos de 150 Kg/m<sup>2</sup> proposto por Pinto (1999) para construções novas, a estimativa proposta por Malia, Brito e Bravo (2011), com taxa de geração de RCD no valor de 115 Kg/m<sup>2</sup> construído para edificações residenciais novas com estrutura em concreto armado, e Saéz et al (2012), que propõem o indicador  $i_1$  estabelecendo o valor de 0,0746 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> construído. Para possibilitar a melhor compreensão das diferenças encontradas, as estimativas com resultados em Kg/m<sup>2</sup> foram posteriormente transformadas em m<sup>3</sup> através do valor de densidade aparente publicado por Pinto e Gonzalez (2005) no valor de 1200Kg/m<sup>3</sup>.

| TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS INFORMADOS EMPRESA(M <sup>3</sup> ) | Modelo de estimativa proposto no trabalho |  | Indicador proposto por Pinto (1999) |  | Taxa geração proposta por Mália et al (2011) |  | Indicador proposto por Saez et al (2012) |  |
|---|---|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|
|   | TOTAL RESÍDUOS PREV MOD EMPÍRICO (m3)     | Diferença (%) em relação ao volume informado | Volume Estimado (m3)                | Diferença (%) em relação ao volume informado | Volume Estimado (m3)                         | Diferença (%) em relação ao volume informado | Volume Estimado (m3)                     | Diferença (%) em relação ao volume informado |
| 8809  | 9005.14                                   | 2.227  | 3761.11                             | -57.304                                      | 2883.52                                      | -67.266                                      | 2244.629                                 | -74.519                                      |
| 2778  | 2845.81                                   | 2.441  | 1186.10                             | -57.304                                      | 909.34                                       | -67.266                                      | 707.864                                  | -74.519                                      |
| 2295  | 2524.11                                   | 9.983  | 979.88                              | -57.304                                      | 751.24                                       | -67.266                                      | 584.791                                  | -74.519                                      |
| 3283  | 3182.17                                   | -3.071                                       | 1401.72                             | -57.304                                      | 1074.65                                      | -67.266                                      | 836.544                                  | -74.519                                      |
| 4104  | 4157.47                                   | 1.303  | 1752.25                             | -57.304                                      | 1343.39                                      | -67.266                                      | 1045.744                                 | -74.519                                      |
| 3511  | 3622.55                                   | 3.177  | 149.06                              | -95.754                                      | 1149.28                                      | -67.266                                      | 894.641                                  | -74.519                                      |
| 1951  | 2155.04                                   | 10,458                                       | 833.00                              | -57.304                                      | 638.64                                       | -67.266                                      | 497.136                                  | -74.519                                      |
| 3428  | 3567.27                                   | 4.063  | 1463.63                             | -57.304                                      | 1122.11                                      | -67.266                                      | 873.491                                  | -74.519                                      |
| 1188  | 1218.41                                   | 2.56   | 507.26                              | -57.301                                      | 388.90                                       | -67.264                                      | 302.730                                  | -74.518                                      |
| 2213  | 2469.58                                   | 11.594                                       | 944.92                              | -57.301                                      | 724.44                                       | -67.264                                      | 563.930                                  | -74.518                                      |
| 1235  | 1389.67                                   | 12,524                                       | 527.33                              | -57.301                                      | 404.29                                       | -67.264                                      | 314.710                                  | -74.517                                      |
| 2418  | 2606.13                                   | 7.78   | 1032.46                             | -57.301                                      | 791.55                                       | -67.264                                      | 616.169                                  | -74.517                                      |
| 3925  | 4038.4                                    | 2.889  | 1675.93                             | -57.301                                      | 1284.88                                      | -67.264                                      | 1000.192                                 | -74.517                                      |
| 1019  | 1105.85                                   | 8.523  | 435.11                              | -57.300                                      | 333.58                                       | -67.264                                      | 259.671                                  | -74.517                                      |
| 2287  | 2378.94                                   | 4.02   | 976.53                              | -57.300                                      | 748.67                                       | -67.264                                      | 582.793                                  | -74.517                                      |
| 2353  | 2562.85                                   | 8.918  | 1004.71                             | -57.300                                      | 770.28                                       | -67.264                                      | 599.612                                  | -74.517                                      |
| 1472  | 1985.44                                   | 34.88  | 998.94                              | -32.137                                      | 765.86                                       | -47.971                                      | 596.168                                  | -59.499                                      |
| 4347  | 4570.33                                   | 5.138  | 2106.61                             | -51.538                                      | 1615.07                                      | -62.846                                      | 1257.226                                 | -71.078                                      |
| 2448  | 2655.81                                   | 8.489  | 1064.21                             | -56.527                                      | 815.97                                       | -66.668                                      | 635.178                                  | -74.053                                      |
| 3150  | 3041.94                                   | -3.43  | 1401.53                             | -55.507                                      | 1074.51                                      | -65.889                                      | 836.433                                  | -73.447                                      |

Figura 833 – Comparativo entre estimativas de geração de resíduos (Fonte: pesquisador 2019)

Os resultados mostram alguns aspectos pertinentes, que são:

As diferenças percentuais entre as estimativas dos vários autores e o volume informado pelas empresas, mantêm-se, caso a caso, muito próximo de serem constantes (variando o valor das diferenças, conforme o autor), o que sugere que os próprios volumes informados pela empresa sigam estimativa. Se for esse o caso, isso torna-se uma forte condicionante para o modelo proposto.

Destacar também que **em todas as obras** os resultados obtidos pelo modelo proposto estão bem mais próximos dos resultados informados pela empresa do que aqueles obtidos com base em indicadores e taxas estipuladas pelos autores. **Isso sugere que os resultados do modelo sejam muito mais fiáveis que qualquer indicador ou taxa proveniente dos referidos.**



## **7. FERRAMENTA INFORMÁTICA DE APOIO AO GERENCIAMENTO**

### **7.1 AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO**

Inicialmente pensou-se na utilização da linguagem em Python, para desenvolvimento da ferramenta informática para apoio à decisão, no gerenciamento dos RCC's gerados em canteiros de obras verticais multifamiliares privadas, e para uso de construtoras nacionais.

No entanto, por imprevistos no decorrer da própria pesquisa, acabou sendo necessária a troca da linguagem de programação, do Python para o Pascal.

De acordo com Richer, J.A.C. (2015), o Pascal é uma linguagem muito difundida e popular nos meios acadêmicos, principalmente nas áreas de engenharia. A linguagem foi portada para os ambientes de desenvolvimento "Lazarus free Pascal" e "Delphi", o primeiro gratuito e o segundo comercial, que são muito eficientes e que permitem, para aqueles que estão iniciando a aprendizagem da linguagem, a obtenção de resultados muito rapidamente, devido à curva de aprendizado típica muito acentuada.

Ademais, é uma linguagem que sempre está se beneficiando de atualizações, que lhe são proporcionadas por uma grande comunidade internacional, a qual transformou o Pascal, junto com o C, em uma linguagem poderosa e eficiente. Atualmente estas plataformas oferecem a possibilidade de compilações multiplataforma, ou seja, programas que podem ser compilados para sistemas operacionais específicos como o Windows, Linux, Apple, Android e IOS.

### **7.2 PROGRAMAS LIVRES DE APOIO AO GERENCIAMENTO DE RCC'S EM CANTEIROS DE OBRAS VERTICAIS MULTIFAMILIARES PRIVADAS, PARA USO DE CONSTRUTORAS**

O Pdecisao e o PEQ constituem, quando usados conjuntamente, uma ferramenta informática/sistema capaz de auxiliar os construtores privados de edifícios verticais multifamiliares nacionais, a gerenciar eficazmente os RCC's gerados durante a execução das suas obras.

Assim, o Pdecisão ajuda a responder à pergunta, qualitativa seguinte: **COMO (combinação de ações) SE DEVEM GERENCIAR OS RCC PRODUZIDOS NO CANTEIRO?** Já o PEQ responde aos questionamentos (quantitativos) seguintes: **1 - QUE**

**VOLUME TOTAL DE RCC'S SERÁ GERADO DURANTE A EXECUÇÃO DA OBRA?; 2 – QUAIS VOLUMES TOTAIS DE RCC'S SERÃO GERADOS EM CADA UMA DAS ETAPAS/FASES DA OBRA?; 3 – QUAIS VOLUMES DE RCC'S POR CLASSES, SERÃO GERADOS EM CADA UMA DAS ETAPAS/FASES DA OBRA?**

O Pdecisao e o PEQ, atuando conjuntamente, constituem pois ferramenta inovadora para auxiliar os gestores privados de RCC's produzidos na execução de obras verticais multifamiliares, no gerenciamento desses resíduos gerados em seus canteiros.

A característica principal dos dois programas, é a sua facilidade de entendimento e utilização por parte dos usuários.

Entre alguns fatores determinantes no desenvolvimento dos dois programas, podem ser citados como principais, a ausência de dados e as limitações técnicas, no controle das informações referentes aos RCC's gerados em obras verticais multifamiliares, pertencentes a construtoras nacionais.

Os diferentes modelos de gerenciamento em operação nas empresas demonstram haver descompasso em relação às diretrizes de legislação brasileira sobre RCC's.

Portanto, o Pdecisao e o PEQ possibilitam a adoção de ações mais viáveis e sustentáveis nos canteiros de edifícios verticais multifamiliares de construtoras privadas, o que justifica o respectivo desenvolvimento. Eles podem ser considerados como softwares livres.

### **7.3 APLICAÇÃO PRÁTICA DO Pdecisao E PEQ À OBRA 1**

Execute-se então a aplicação do Pdecisao e PEQ ao gerenciamento dos RCC's produzidos na obra 1.

Considerem-se para tal as matrizes de nível 2 e nível 3 dos 7 especialistas e dos 12 decisores, sendo que a matriz de nível 4 foi preenchida em conjunto pelos decisores 11 e 12. Daí resultam as matrizes de valores médios das figuras 834 a 841 a seguir.

Nível 2    Nível 3    Nível 4

NÍVEL 2 PASSO2 (UMA ÚNICA MATRIZ DE DECISÃO [A], DE ORDEM 6 PORQUE TEMOS 6 CLASSES DE CRITÉRIOS)

|                  | Cr. Ambientais | Cr. Sociais | Cr. Econômicos | Cr. Legislação | Cr. Estratégicos | Cr. Operacionais |
|------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| Cr. Ambientais   | 1,000          | 2,333       | 0,605          | 1,590          | 1,799            | 1,949            |
| Cr. Sociais      | 0,429          | 1,000       | 0,800          | 0,662          | 1,044            | 1,286            |
| Cr. Econômicos   | 1,652          | 1,250       | 1,000          | 1,096          | 2,416            | 2,540            |
| Cr. Legislação   | 0,629          | 1,511       | 0,912          | 1,000          | 3,083            | 2,816            |
| Cr. Estratégicos | 0,556          | 0,958       | 0,414          | 0,324          | 1,000            | 2,000            |
| Cr. Operacionais | 0,513          | 0,778       | 0,394          | 0,355          | 0,500            | 1,000            |

Figura 834 – Matriz de decisão do nível 2, preenchida com as médias dos elementos do nível 2 de 7 especialistas e de 12 decisores (O pesquisador, 2019)

Nível 2    Nível 3    Nível 4

Critérios operacionais    Critérios estratégicos    Critérios econômicos    Demais critério

'Critérios' ambientais:

|                               | Política Ambiental da Empresa | Vantagens Ambientais | Desvantagens Ambientais |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Política Ambiental da Empresa | 1,000                         | 1,309                | 2,193                   |
| Vantagens Ambientais          | 0,764                         | 1,000                | 2,233                   |
| Desvantagens Ambientais       | 0,456                         | 0,448                | 1,000                   |

Figura 835 – Matriz de decisão do nível 3, critérios ambientais, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios ambientais, de 7 especialistas e de 12 decisores (O pesquisador, 2019)

'Critérios' sociais:

|                                     | Condições de vizinhança da obra | Política de resp. social da empresa | Existência de incentivo SE |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Condições de vizinhança da obra     | 1,000                           | 2,033                               | 2,403                      |
| Política de resp. social da empresa | 0,492                           | 1,000                               | 1,943                      |
| Existência de incentivo SE          | 0,416                           | 0,837                               | 1,000                      |

Figura 836 – Matriz de decisão do nível 3, critérios sociais, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios ambientais, de 7 especialistas e de 12 decisores (O pesquisador, 2019)

'Critérios' de legislação:

|                                | Legislação municipal sobre RCC | Legislação estadual sobre RCC | Legislação federal sobre RCC |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Legislação municipal sobre RCC | 1,000                          | 4,350                         | 4,633                        |
| Legislação Estadual sobre RCC  | 0,230                          | 1,000                         | 1,758                        |
| Legislação federal sobre RCC   | 0,216                          | 0,569                         | 1,000                        |

Figura 837 – Matriz de decisão do nível 3, critérios de legislação, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios de legislação, de 7 especialistas e de 12 decisores (O pesquisador, 2019)

Nível 2 Nível 3 Nível 4

Critérios operacionais Critérios estratégicos Critérios econômicos Demais critérios

Critérios operacionais - Matriz de comparação par a par entre sus sub-critérios:

|  | Melhoria na organização do canteiro. | Equipamentos e transporte interno disponível | Equipamentos e acondicionamento interno disponível | Periodicidade da triagem | Habil./trein. dos funcionários | Instante da triagem | Localização dos equip. de acondicionamento |
|--|--------------------------------------|--|--|--------------------------|--------------------------------|---------------------|--|
| Melhoria na organização do canteiro.               | 1,000                                | 2,361  | 0,728  | 0,865                    | 0,767                          | 1,036               | 1,447                                      |
| Equipamentos e transporte interno disponível       | 0,423                                | 1,000  | 1,047  | 1,292                    | 1,101                          | 1,728               | 1,292                                      |
| Equipamentos e acondicionamento interno disponível | 1,374                                | 0,955  | 1,000  | 1,633                    | 0,969                          | 1,766               | 1,466                                      |
| Periodicidade da triagem                           | 1,156                                | 0,774  | 0,612  | 1,000                    | 1,078                          | 1,486               | 1,475                                      |
| Habil./trein. dos funcionários                     | 1,304                                | 0,908  | 1,032  | 0,928                    | 1,000                          | 2,683               | 2,550                                      |
| Instante da triagem                                | 0,965                                | 0,579  | 0,566  | 0,673                    | 0,373                          | 1,000               | 1,066                                      |
| Localização dos equip. de acondicionamento         | 0,691                                | 0,774  | 0,682  | 0,678                    | 0,392                          | 0,938               | 1,000                                      |

Figura 838 – Matriz de decisão do nível 3, critérios operacionais, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios operacionais, de 7 especialistas e de 12 decisores (O pesquisador, 2019)

Nível 2 Nível 3 Nível 4

Critérios operacionais Critérios estratégicos Critérios econômicos Demais critérios

Critérios operacionais - Matriz de comparação par a par entre sus sub-critérios:

|   | Grau de compromisso da administração. | Grau de comp. do gerente e mestre de obras. | Grau de compromisso dos funcionários em geral. | Grau de compromisso dos projetistas. | Importância dada pela admin. à reputação. | Definição de metas (redução, reutilização, reciclagem). | Definição clara de responsabilidade. |
|---|---------------------------------------|---|--|--------------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Grau de compromisso da administração.                   | 1,000                                 | 2,717                                       | 2,942  | 3,000                                | 3,033                                     | 1,783   | 1,300                                |
| Grau de comp. do gerente e mestre de obras.             | 0,368                                 | 1,000                                       | 2,458  | 1,900                                | 1,961                                     | 0,836   | 1,186                                |
| Grau de compromisso dos funcionários em geral.          | 0,340                                 | 0,407                                       | 1,000  | 1,483                                | 1,947                                     | 1,122   | 0,605                                |
| Grau de compromisso dos projetistas.                    | 0,333                                 | 0,526                                       | 0,674  | 1,000                                | 1,469                                     | 0,589   | 1,006                                |
| Importância dada pela admin. à reputação.               | 0,330                                 | 0,510                                       | 0,514  | 0,681                                | 1,000                                     | 1,084   | 1,517                                |
| Definição de metas (redução, reutilização, reciclagem). | 0,561                                 | 1,196                                       | 0,891  | 1,698                                | 0,923                                     | 1,000   | 1,125                                |
| Definição clara de responsabilidade.                    | 0,769                                 | 0,843                                       | 1,653  | 0,994                                | 0,659                                     | 0,889   | 1,000                                |

Figura 839 – Matriz de decisão do nível 3, critérios estratégicos, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios estratégicos, de 7 especialistas e de 12 decisores (O pesquisador, 2019)

Nível 2 Nível 3 Nível 4

Critérios operacionais Critérios estratégicos Critérios econômicos Demais critérios

Critérios operacionais - Matriz de comparação par a par entre sus sub-critérios:

|  | Retorno sobre investimentos efetuados. | Diminuição do risco de acidentes do trabalho. | Benefício na produtividade. | Distância às infraestruturas externas de apoio + próximas. | Capacidade financeira da empresa. | Quantidade gerada de RCC. | Facilidade em revender os RCC reciclados. | Composição dos RCC's gerados. |
|--|--|---|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|
| Retorno sobre investimentos efetuados.                     | 1,000                                  | 1,586   | 1,766                       | 3,416  | 1,117                             | 2,533                     | 3,350                                     | 3,333                         |
| Diminuição do risco de acidentes do trabalho.              | 0,631                                  | 1,000   | 2,647                       | 4,214  | 2,050                             | 2,544                     | 3,320                                     | 3,633                         |
| Benefício na produtividade.                                | 0,566                                  | 0,378   | 1,000                       | 3,553  | 1,615                             | 1,597                     | 2,820                                     | 2,666                         |
| Distância às infraestruturas externas de apoio + próximas. | 0,293                                  | 0,237   | 0,281                       | 1,000  | 0,612                             | 1,326                     | 1,653                                     | 1,953                         |
| Capacidade financeira da empresa.                          | 0,895                                  | 0,487   | 0,619                       | 1,634  | 1,000                             | 2,953                     | 2,533                                     | 2,933                         |
| Quantidade gerada de RCC.                                  | 0,395                                  | 0,393   | 0,626                       | 0,754  | 0,339                             | 1,000                     | 3,100                                     | 1,697                         |
| Facilidade em revender os RCC reciclados.                  | 0,299                                  | 0,301   | 0,355                       | 0,605  | 0,395                             | 0,323                     | 1,000                                     | 0,919                         |
| Composição dos RCC's gerados.                              | 0,300                                  | 0,275   | 0,375                       | 0,512  | 0,341                             | 0,589                     | 1,088                                     | 1,000                         |

Figura 840 – Matriz de decisão do nível 3, critérios econômicos, preenchida com as médias dos elementos do nível 3, critérios econômicos, de 7 especialistas e de 12 decisores (O pesquisador, 2019)



Se executarmos o programa, premindo o terceiro ícone no canto superior esquerdo, aquele já calcula instantaneamente todos os valores que pretendemos. Desse modo, o programa fornece-nos a matriz normalizada do nível 2 (única), conforme a figura 843, fornece-nos ainda os vetores [W], [C] e [D], para esse mesmo nível, e também os valores de  $\lambda_{\text{máx}}$ , Ic, e Cr também para o nível 2, conforme as figuras 844 e 845.

NÍVEL 2 PASSO 3 : MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA [A\*]

|                  | Cr. Ambientais | Cr. Sociais | Cr. Econômicos | Cr. Legislação | Cr. Estratégicos | Cr. Operacionais |
|------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| Cr. Ambientais   | 0,209          | 0,298       | 0,147          | 0,316          | 0,183            | 0,168            |
| Cr. Sociais      | 0,090          | 0,128       | 0,194          | 0,132          | 0,106            | 0,111            |
| Cr. Econômicos   | 0,346          | 0,160       | 0,242          | 0,218          | 0,245            | 0,219            |
| Cr. Legislação   | 0,132          | 0,193       | 0,221          | 0,199          | 0,313            | 0,243            |
| Cr. Estratégicos | 0,116          | 0,122       | 0,100          | 0,064          | 0,102            | 0,173            |
| Cr. Operacionais | 0,107          | 0,099       | 0,096          | 0,071          | 0,051            | 0,086            |

Figura 843 – Matriz normalizada do nível 2, para aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

| Vetor Prioridades [W] | Vetor [C] | Vetor [D] |
|-----------------------|-----------|-----------|
| 0.220                 | 1.374     | 6.245     |
| 0.127                 | 0.783     | 6.165     |
| 0.238                 | 1.487     | 6.248     |
| 0.217                 | 1.352     | 6.230     |
| 0.113                 | 0.696     | 6.159     |
| 0.085                 | 0.524     | 6.165     |

Figura 844 – Vetores [W], [C] e [D] para o nível 2, para exemplo de aplicação do AHP à obra 1 (O pesquisador, 2019)

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Soma vetor [D]                           | 37.212                     |
| Média de [D], Lambda máx.                | 6.202                      |
| Índice de consistência IC.               | 0.040                      |
| CR coeficiente de consistência relativa. | 0.033                      |
| <b>Consistência:</b>                     | <b>O CR é consistente!</b> |

Figura 845 – Valores de  $\lambda_{\text{máx}}$ , Ic, e Cr para o nível 2, e para exemplo de aplicação do AHP à obra 1 (O pesquisador, 2019)

De notar que o vetor [W] já estabelece uma ordem de prioridades/importâncias, entre os seis critérios do nível 2, e no que se refere à contribuição de cada um deles.

Assim, quanto maior for o valor de W, maior é a importância do critério na sua contribuição para a meta, que é a melhoria do gerenciamento de resíduos em canteiros de edifícios.

Além disso o programa assinala logo a consistência ou não (se Cr é  $\leq 10\%$  ou não), para efeitos de validação dos resultados ou não. Se o programa assinalar que falha o critério de consistência, os dados/valores da matriz [A], logo no início, devem ser refeitos.

De modo semelhante o programa fornece a matriz normalizada, os vetores [W], [C] e [D], e os valores de  $\lambda_{\max}$ , Ic, e Cr tanto para a classe de critérios ambientais, como para os legais, como para os sociais, como para os operacionais, como para os estratégicos, como para os econômicos, que são os do nível 3, e de acordo respectivamente com as figuras 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, e 854.

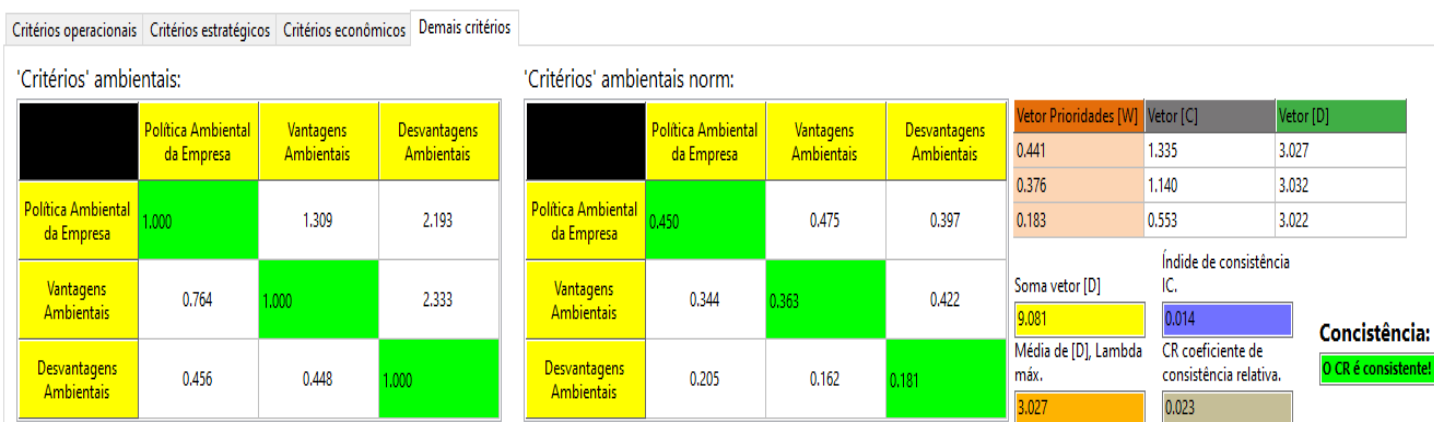


Figura 846 – Matriz normalizada, Vetores [W], [C] e [D] e valores de  $\lambda_{\max}$ , Ic, e Cr para o nível 3, critérios ambientais, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

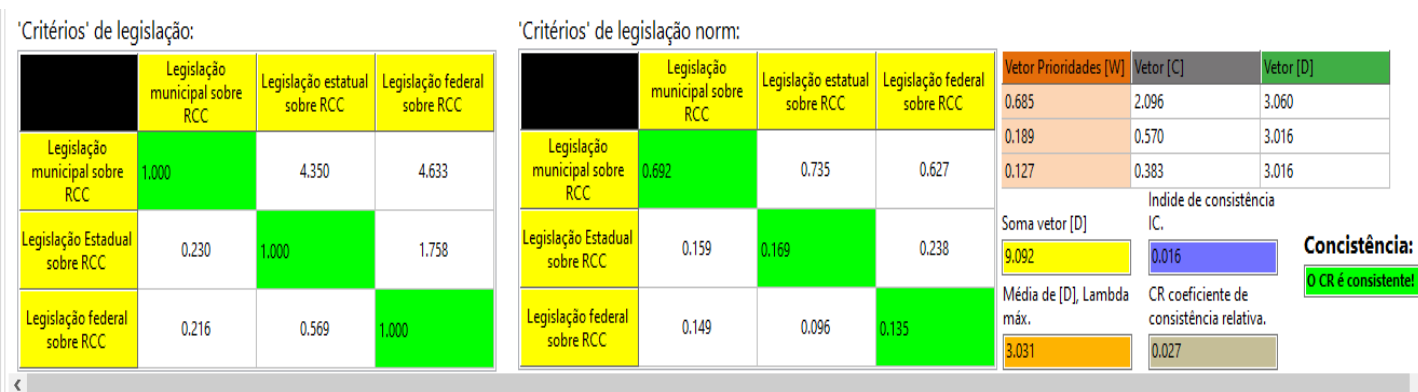


Figura 847 – Matriz normalizada, Vetores [W], [C] e [D] e valores de  $\lambda_{\max}$ , Ic, e Cr para o nível 3, critérios de legislação, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)



'Crítérios' sociais:

|                                     | Condições de vizinhança da obra | Política de resp. social da empresa | Existência de insentivo SE |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Condições de vizinhança da obra     | 1.000                           | 2.033                               | 2.403                      |
| Política de resp. social da empresa | 0.492                           | 1.000                               | 1.943                      |
| Existência de insentivo SE          | 0.416                           | 0.837                               | 1.000                      |

'Crítérios' sociais norm:

|                                     | Condições de vizinhança da obra | Política de resp. social da empresa | Existência de insentivo SE |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Condições de vizinhança da obra     | 0.524                           | 0.525                               | 0.449                      |
| Política de resp. social da empresa | 0.258                           | 0.258                               | 0.363                      |
| Existência de insentivo SE          | 0.218                           | 0.216                               | 0.187                      |

| Vetor Prioridades [W]      | Vetor [C] | Vetor [D] |
|----------------------------|-----------|-----------|
| 0.499                      | 1.592     | 3.190     |
| 0.293                      | 0.941     | 3.212     |
| 0.207                      | 0.660     | 3.188     |
| Soma vetor [D]             |           |           |
| 9.590                      | 0.099     |           |
| Índice de consistência IC. |           |           |
| Média de [D], Lambda máx.  |           |           |
| 3.197                      | 0.170     |           |

**Consistência:**  
O CR é inconsistente!

Figura 848 – Matriz normalizada, Vetores [W], [C] e [D] e valores de  $\lambda_{\text{máx}}$ , Ic, e Cr para o nível 3, critérios sociais, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

Crítérios operacionais - Matriz normalizada:

|  | Melhoria na organização do canteiro. | Equipamentos e transporte interno disponível | Equipamentos e acondicionamento interno disponível | Periodicidade da triagem | Habil./trein. dos funcionários | Instante da triagem | Localização dos equip. de acondicionamento |
|--|--------------------------------------|--|--|--------------------------|--------------------------------|---------------------|--|
| Melhoria na organização do canteiro.               | 0.145                                | 0.321  | 0.128  | 0.122                    | 0.135                          | 0.097               | 0.141                                      |
| Equipamentos e transporte interno disponível       | 0.061                                | 0.136  | 0.185  | 0.183                    | 0.194                          | 0.162               | 0.125                                      |
| Equipamentos e acondicionamento interno disponível | 0.199                                | 0.130  | 0.176  | 0.231                    | 0.171                          | 0.166               | 0.142                                      |
| Periodicidade da triagem                           | 0.167                                | 0.105  | 0.108  | 0.141                    | 0.190                          | 0.140               | 0.143                                      |
| Habil./trein. dos funcionários                     | 0.189                                | 0.124  | 0.182  | 0.131                    | 0.176                          | 0.252               | 0.248                                      |
| Instante da triagem                                | 0.140                                | 0.079  | 0.100  | 0.095                    | 0.066                          | 0.094               | 0.104                                      |
| Localização dos equip. de acondicionamento         | 0.100                                | 0.105  | 0.120  | 0.096                    | 0.069                          | 0.088               | 0.097                                      |

Figura 849 – Matriz normalizada para o nível 3, classe de critérios operacionais, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

|  | Vetor [D] | Soma vetor [D] | Índice de consistência IC. | CR coeficiente de consistência relativa. | Consistência:              |
|--|-----------|----------------|----------------------------|--|----------------------------|
|  | 7.301     | 50.693         | 0.040                      |  | <b>O CR é consistente!</b> |
|  | 7.228     |                |                            |  |                            |
|  | 7.213     |                |                            |  |                            |
|  | 7.254     | 7.242          | 0.031                      |  |                            |
|  | 7.210     |                |                            |  |                            |
|  | 7.216     |                |                            |  |                            |
|  | 7.271     |                |                            |  |                            |

Figura 850 – Vetores [W], [C] e [D] e valores de  $\lambda_{\text{máx}}$ , Ic, e Cr para o nível 3, classe de critérios operacionais, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

Critérios operacionais - Matriz normalizada:

|   | Grau de compromisso da administração. | Grau de comp. do gerente e mestre de obras. | Grau de compromisso dos funcionários em geral. | Grau de compromisso dos projetistas. | Importância dada pela admin. à reputação. | Definição de metas (redução, reutilização, reciclagem). | Definição clara de responsabilidade. |
|---|---------------------------------------|---|--|--------------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Grau de compromisso da administração.                   | 0.270                                 | 0.377                                       | 0.290  | 0.279                                | 0.276                                     | 0.244   | 0.168                                |
| Grau de comp. do gerente e mestre de obras.             | 0.099                                 | 0.139                                       | 0.243  | 0.177                                | 0.178                                     | 0.114   | 0.153                                |
| Grau de compromisso dos funcionários em geral.          | 0.092                                 | 0.057                                       | 0.099  | 0.138                                | 0.177                                     | 0.154   | 0.078                                |
| Grau de compromisso dos projetistas.                    | 0.090                                 | 0.073                                       | 0.067  | 0.093                                | 0.134                                     | 0.081   | 0.130                                |
| Importância dada pela admin. à reputação.               | 0.089                                 | 0.071                                       | 0.051  | 0.063                                | 0.091                                     | 0.148   | 0.196                                |
| Definição de metas (redução, reutilização, reciclagem). | 0.152                                 | 0.166                                       | 0.088  | 0.158                                | 0.084                                     | 0.137   | 0.145                                |
| Definição clara de responsabilidade.                    | 0.208                                 | 0.117                                       | 0.163  | 0.092                                | 0.060                                     | 0.122   | 0.129                                |

Figura 851 – Matriz normalizada para o nível 3, classe de critérios estratégicos, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

| Vetor Prioridades [W] | Vetor [C] | Vetor [D] | Soma vetor [D]            | Índice de consistência IC. | CR coeficiente de consistência relativa. | Consistência:       |
|-----------------------|-----------|-----------|---------------------------|----------------------------|--|---------------------|
| 0.272                 | 2.030     | 7.463     | 51.548                    | 0.061                      |  | O CR é consistente! |
| 0.158                 | 1.179     | 7.462     |                           |                            |  |                     |
| 0.114                 | 0.834     | 7.316     | Média de [D], Lambda máx. |                            |  |                     |
| 0.095                 | 0.700     | 7.368     | 7.364                     | 0.046                      |  |                     |
| 0.101                 | 0.731     | 7.238     |                           |                            |  |                     |
| 0.133                 | 0.974     | 7.323     |                           |                            |  |                     |
| 0.127                 | 0.937     | 7.378     |                           |                            |  |                     |

Figura 852 – Vetores [W], [C] e [D] e valores de  $\lambda_{máx}$ ,  $I_c$ , e  $C_r$  para o nível 3, classe de critérios estratégicos, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

Critérios operacionais - Matriz de comparação par a par entre sus sub-critérios:

|  | Retorno sobre investimentos efetuados. | Diminuição do risco de acidentes do trabalho. | Benefício na produtividade. | Distância às infraestruturas externas de apoio + próximas. | Capacidade financeira da empresa. | Quantidade gerada de RCC. | Facilidade em revender os RCC reciclados. | Composição dos RCC's gerados. |
|--|--|---|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|
| Retorno sobre investimentos efetuados.                     | 0.228                                  | 0.341   | 0.230                       | 0.218  | 0.150                             | 0.197                     | 0.178                                     | 0.184                         |
| Diminuição do risco de acidentes do trabalho.              | 0.144                                  | 0.215   | 0.345                       | 0.269  | 0.274                             | 0.198                     | 0.176                                     | 0.200                         |
| Benefício na produtividade.                                | 0.129                                  | 0.081   | 0.130                       | 0.226  | 0.216                             | 0.124                     | 0.149                                     | 0.147                         |
| Distância às infraestruturas externas de apoio + próximas. | 0.067                                  | 0.051   | 0.037                       | 0.064  | 0.082                             | 0.103                     | 0.088                                     | 0.108                         |
| Capacidade financeira da empresa.                          | 0.204                                  | 0.105   | 0.081                       | 0.104  | 0.134                             | 0.230                     | 0.134                                     | 0.162                         |
| Quantidade gerada de RCC.                                  | 0.090                                  | 0.084   | 0.082                       | 0.048  | 0.045                             | 0.078                     | 0.164                                     | 0.094                         |
| Facilidade em revender os RCC reciclados.                  | 0.068                                  | 0.065   | 0.046                       | 0.039  | 0.053                             | 0.025                     | 0.053                                     | 0.051                         |
| Composição dos RCC's gerados.                              | 0.069                                  | 0.059   | 0.049                       | 0.033  | 0.046                             | 0.046                     | 0.058                                     | 0.055                         |

Figura 853 – Matriz normalizada para o nível 3, classe de critérios econômicos, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

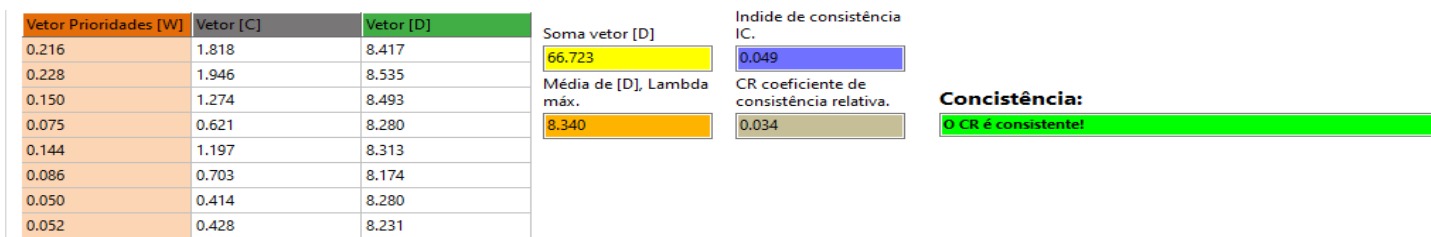


Figura 854 – Vetores [W], [C] e [D] e valores de  $\lambda_{\max}$ ,  $I_c$ , e  $C_r$  para o nível 3, classe de critérios econômicos, e por aplicação do Pdecisao à obra 1 (O pesquisador, 2019)

Aqui, já no nível 3 do problema, referir que aquela comparação da importância relativa agora dos sub-critérios, deve ser feita dentro de cada classe, ou seja, comparam-se os valores de [W] dentro de cada classe de critérios para achar qual subcritério daquela classe é mais importante que outro da mesma classe, visto que se estabeleceu uma estrutura “ramificada”, e além disso o critério de consistência relativa ( $C_r \leq 10\%$ ) tem que ser cumprido para cada uma das seis classes de critérios, ou seja, para todas as seis matrizes [A].

Concluído o nível 3, desce-se para o nível 4, onde se analisarão as combinações de ações/intervenções possíveis de realizar sobre as várias classes de RCC’s, e segundo a figura 842. Preenche-se então a matriz de nível 4, que no caso foi a da figura 841, sendo que no Pdecisão ela assume o aspecto da figura 855 (a tela do programa não permite exibir a matriz inteira de uma vez só, em virtude do número de combinações de ações já ser um número relativamente significativo).

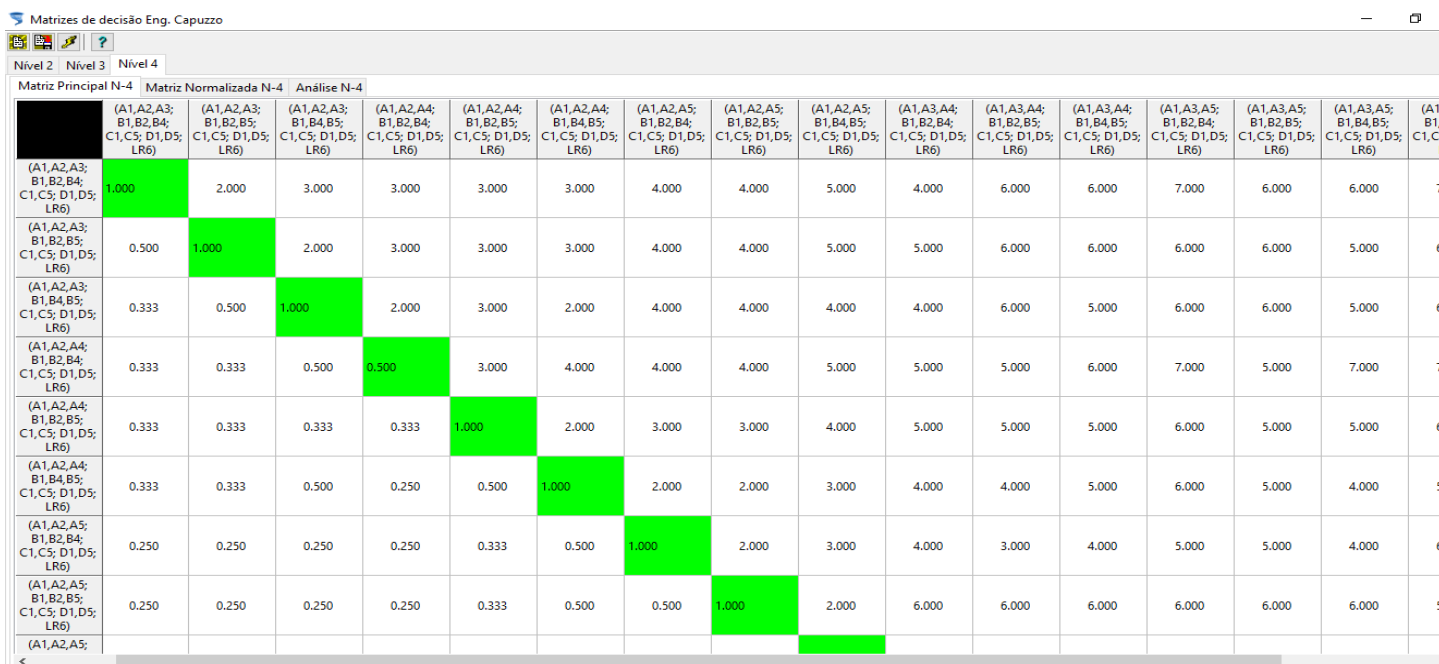


Figura 855 – Matriz de decisão do nível 4, preenchida com os valores atribuídos em conjunto pelos decisores 11 e 12, e por aplicação do Pdecisao (O pesquisador, 2019)

Rodando o programa ele devolve a matriz de decisão normalizada de nível 4, que é a que consta da figura 856, bem como os vetores [W], [C] e [D], e ainda os valores de  $\lambda_{\max}$ , Ic e CR. Esses valores são os que se encontram na figura 857.

|   | (A1,A2,A3; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A3; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A3; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A4; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A4; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A4; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A2,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A4; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A4; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A4; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | (A1,A3,A5; B1,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------------------|----|
| (A1,A2,A3; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.199                                   | 0.297                                   | 0.308                                   | 0.266                                   | 0.187                                   | 0.165                                   | 0.161                                   | 0.153                                   | 0.143                                   | 0.093                                   | 0.121                                   | 0.113                                   | 0.115                                   | 0.101                                   | 0.103                                | 0. |
| (A1,A2,A3; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.100                                   | 0.148                                   | 0.205                                   | 0.266                                   | 0.187                                   | 0.165                                   | 0.161                                   | 0.153                                   | 0.143                                   | 0.117                                   | 0.121                                   | 0.113                                   | 0.098                                   | 0.101                                   | 0.086                                | 0. |
| (A1,A2,A3; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.066                                   | 0.074                                   | 0.103                                   | 0.178                                   | 0.187                                   | 0.110                                   | 0.161                                   | 0.153                                   | 0.114                                   | 0.093                                   | 0.121                                   | 0.094                                   | 0.098                                   | 0.101                                   | 0.086                                | 0. |
| (A1,A2,A4; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.066                                   | 0.049                                   | 0.051                                   | 0.044                                   | 0.187                                   | 0.220                                   | 0.161                                   | 0.153                                   | 0.143                                   | 0.117                                   | 0.101                                   | 0.113                                   | 0.115                                   | 0.084                                   | 0.120                                | 0. |
| (A1,A2,A4; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.066                                   | 0.049                                   | 0.034                                   | 0.030                                   | 0.062                                   | 0.110                                   | 0.121                                   | 0.115                                   | 0.114                                   | 0.117                                   | 0.101                                   | 0.094                                   | 0.098                                   | 0.084                                   | 0.086                                | 0. |
| (A1,A2,A4; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.066                                   | 0.049                                   | 0.051                                   | 0.022                                   | 0.031                                   | 0.055                                   | 0.081                                   | 0.077                                   | 0.086                                   | 0.093                                   | 0.081                                   | 0.094                                   | 0.098                                   | 0.084                                   | 0.069                                | 0. |
| (A1,A2,A5; B1,B2,B4; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.050                                   | 0.037                                   | 0.026                                   | 0.022                                   | 0.021                                   | 0.028                                   | 0.040                                   | 0.077                                   | 0.086                                   | 0.093                                   | 0.061                                   | 0.075                                   | 0.082                                   | 0.084                                   | 0.069                                | 0. |
| (A1,A2,A5; B1,B2,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) | 0.050                                   | 0.037                                   | 0.026                                   | 0.022                                   | 0.021                                   | 0.028                                   | 0.020                                   | 0.038                                   | 0.057                                   | 0.140                                   | 0.121                                   | 0.113                                   | 0.098                                   | 0.101                                   | 0.103                                | 0. |
| (A1,A2,A5; B1,B4,B5; C1,C5; D1,D5; LR6) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                      |    |

Figura 856 – Matriz de decisão normalizada do nível 4, com os valores devolvidos pelo Pdecisao (O pesquisador, 2019)

| Vetor Prioridades [W] | Vetor [C] | Vetor [D] |
|-----------------------|-----------|-----------|
| 0.155                 | 3.270     | 21.097    |
| 0.134                 | 2.920     | 21.791    |
| 0.110                 | 2.432     | 22.109    |
| 0.111                 | 2.464     | 22.198    |
| 0.084                 | 1.843     | 21.940    |
| 0.070                 | 1.497     | 21.386    |
| 0.060                 | 1.266     | 21.100    |
| 0.066                 | 1.376     | 20.848    |
| 0.038                 | 0.773     | 20.342    |
| 0.032                 | 0.612     | 19.125    |
| 0.028                 | 0.532     | 19.000    |
| 0.024                 | 0.445     | 18.542    |
| 0.020                 | 0.382     | 19.100    |
| 0.018                 | 0.340     | 18.889    |
| 0.017                 | 0.316     | 18.588    |
| 0.013                 | 0.248     | 19.077    |
| 0.011                 | 0.212     | 19.273    |
| 0.010                 | 0.188     | 18.800    |

Soma vetor [D]  
363.205

Média de [D], Lambda máx.  
20.178

Índice de consistência IC.  
0.128

CR coeficiente de consistência relativa.  
0.079

**Consistência:**  
CR é consistente!

Figura 857 – Vetores [W], [C] e [D] e valores de  $\lambda_{\max}$ , Ic e Cr para o nível 4, combinações de ações, e devolvidos pelo Pdecisao (O pesquisador, 2019)

Os resultados devolvidos pelo Pdecisão, nomeadamente os referentes ao vetor [W], permitem concluir acerca de qual combinação de ações/intervenções é a mais adequada para ser tomada, no sentido de um melhor gerenciamento dos RCC's produzidos na obra.

Assim, será aquela que corresponder ao valor mais elevado dentre os elementos do vetor [W]. Neste caso seria a combinação 1, que tem uma prioridade de 0,155 para a meta global do problema.

Essa combinação tem por notação (A1, A2, A3; B1, B2, B4; C1, C5; D1, D5; LR6). Ou seja, e levando em consideração as notações correspondentes à figura 842, significa dizer que os resíduos de classe A deveriam simultaneamente ser reduzidos, reusados, reciclados e reincorporados, os resíduos de classe B deveriam ser simultaneamente reduzidos, reusados, reciclados e vendidos, os resíduos de classe C deveriam ser simultaneamente reduzidos e destinados de forma ambientalmente adequada, os resíduos de classe D deveriam ser simultaneamente reduzidos e destinados de forma ambientalmente adequada, e os resíduos de logística reversa deveriam ser devolvidos a montante, na cadeia.

Dessa forma, fica respondida uma questão crucial no gerenciamento dos RCC's em canteiro, que é: **o que fazer com cada classe de RCC que está sendo gerada.**

No entanto, outra questão **essencial** para o referido gerenciamento é conseguir **estimar as quantidades de resíduos das várias classes que virão a ser gerados/as ao longo de execução da obra, seja durante as diferentes etapas/fases, seja depois da obra concluída.**

O PEQ resolve essas questões, tendo por detrás dele o modelo matemático empírico desenvolvido nesta tese. por análise de regressão linear. A interface genérica com que o programa aparece para o usuário é a que consta na figura 858.

Cálculo de resíduos, por etapa de obra e classe de resíduo.

Arquivos

VR=  $225.419 + 0.195 * ATC + 428.463 * NTP - 2.058 * APT + E$

Dados Iniciais:

ATC = 0

NTP = 0

APT = 0

E = 0

VR = 0

Onde:

VR= Volume total de resíduos gerados em obra;

ATC= Área total construída;

NTP= Número total de pavimentos;

APT= Área do pavimento tipo;

E= Erro padrão.

Executar

Quantidade de resíduos total em cada etapa de obra:

Fundação => A% 0 => AxVr = 0

Estrutura => B% 0 => BxVr = 0

Alvenaria => C% 0 => CxVr = 0

Acabamento => D% 0 => DxVr = 0

Quantidade de resíduos por classe em cada etapa de obra:

Fundação | Estrutura | Alvenaria | Acabamento |

Resíduos Classe A =>  $\alpha$ % 0 =>  $\alpha \times AxVr = 0$

Resíduos Classe B =>  $\beta$ % 0 =>  $\beta \times BxVr = 0$

Resíduos Classe C =>  $\gamma$ % 0 =>  $\gamma \times CxVr = 0$

Resíduos Classe D =>  $\delta$ % 0 =>  $\delta \times DxVr = 0$

Figura 858 – Interface gráfica do PEQ (O pesquisador, 2019)

Aplique-se então o PEQ na previsão dos resíduos a serem gerados na obra 1.

O PGRCC da obra, na sua página 32, refere que a área total construída do empreendimento é de 11031,99m<sup>2</sup>. Esse é um dos dados de entrada necessário, referente ao modelo matemático empírico desenvolvido.

O empreendimento é constituído por 2 torres de apartamentos de 6 blocos, e uma torre de apartamentos de 3 blocos, todas elas constituídas por térreo mais 3 pisos/cada. No entanto as torres não são todas iguais, pelo que se deverão proceder a algumas “adaptações”, no final das quais tudo se passa como se tivéssemos uma única torre de 6 blocos, e 10 pisos de altura, com uma área total em planta, por piso, de 1.033,44m<sup>2</sup>. Este tipo de simplificações é feito de forma a poder aplicar o modelo matemático empírico desenvolvido.

Tem-se então até o momento como variáveis/dados de entrada para uso do PEQ:

ATC = 11.31,99

NTP = 10 pisos

APT = 1.033,4

Constante = 225,419

Erro-padrão = 145,3

Por outro lado, e segundo Santos (2009), os percentuais do volume total de resíduos que virá a ser gerado depois de concluída a obra, e durante cada uma das 4 principais etapas da mesma, são:

Fundação: 25,7% ; Estrutura: 19,0% ; Alvenaria: 36,7% ; Acabamento: 18,6%

Esses valores permitem-nos definir os parâmetros A, B, C, e D, que também são dados de entrada no PEQ.

Ainda segundo Santos (2009), os percentuais das várias classes de RCC's nas 4 principais etapas/fases das obras verticais multifamiliares são:

Fundação: Classe A= 90% ; Classe B= 9,4% ; Classe C = 0,46% ; Classe D = 0,14%.

Estrutura: Classe A= 63,6%; Classe B=34,96%; Classe C= 1,28%; Classe D= 0,16%.

Alvenaria: Classe A= 86,7% ; Classe B=12,2%; Classe C= 1% ; Classe D= 0,1%.

Acabamento: Classe A= 72,4% ; Classe B= 24,3% ; Classe C = 1,5% ; Classe D = 1,8%.

Isso permite que se tenha os valores dos parâmetros restantes necessários como dados de entrada do PEQ. E assim se chegaria ao que consta nas figuras 859, 860, 861 e 862.

**Cálculo de resíduos, por etapa de obra e classe de resíduo.**

Arquivos

**VR=**

Dados Iniciais:

ATC=

NTP=

APT=

E=

VR=

**Onde:**  
**VR=** Volume total de resíduos gerados em obra;  
**ATC=** Área total construída;  
**NTP=** Número total de pavimentos;  
**APT=** Área do pavimento tipo;  
**E=** Erro padrão.

Quantidade de resíduos total em cada etapa de obra:

|                  |                                   |          |                                |
|------------------|-----------------------------------|----------|--------------------------------|
| Fundação => A%   | <input type="text" value="25.7"/> | => AxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Estrutura => B%  | <input type="text" value="19.0"/> | => BxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Alvenaria => C%  | <input type="text" value="36.7"/> | => CxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Acabamento => D% | <input type="text" value="18.6"/> | => DxVr= | <input type="text" value="0"/> |

Quantidade de resíduos por classe em cada etapa de obra:

Fundação | Estrutura | Alvenaria | Acabamento |

|                                 |                                   |                     |                                |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Resíduos Classe A => $\alpha$ % | <input type="text" value="90"/>   | => $\alpha$ x AxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Resíduos Classe B => $\beta$ %  | <input type="text" value="9.4"/>  | => $\beta$ x AxVr=  | <input type="text" value="0"/> |
| Resíduos Classe C => $\gamma$ % | <input type="text" value="0.46"/> | => $\gamma$ x AxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Resíduos Classe D => $\delta$ % | <input type="text" value="0.14"/> | => $\delta$ x AxVr= | <input type="text" value="0"/> |

Figura 859 – Dados de entrada para o PEQ, parte I de IV (O pesquisador, 2019)

**Cálculo de resíduos, por etapa de obra e classe de resíduo.**

Arquivos

**VR=**

Dados Iniciais:

ATC=

NTP=

APT=

E=

VR=

**Onde:**  
**VR=** Volume total de resíduos gerados em obra;  
**ATC=** Área total construída;  
**NTP=** Número total de pavimentos;  
**APT=** Área do pavimento tipo;  
**E=** Erro padrão.

Quantidade de resíduos total em cada etapa de obra:

|                  |                                   |          |                                |
|------------------|-----------------------------------|----------|--------------------------------|
| Fundação => A%   | <input type="text" value="25.7"/> | => AxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Estrutura => B%  | <input type="text" value="19.0"/> | => BxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Alvenaria => C%  | <input type="text" value="36.7"/> | => CxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Acabamento => D% | <input type="text" value="18.6"/> | => DxVr= | <input type="text" value="0"/> |

Quantidade de resíduos por classe em cada etapa de obra:

Fundação | Estrutura | Alvenaria | Acabamento |

|                                 |                                    |                     |                                |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Resíduos Classe A => $\alpha$ % | <input type="text" value="63.6"/>  | => $\alpha$ x BxVr= | <input type="text" value="0"/> |
| Resíduos Classe B => $\beta$ %  | <input type="text" value="34.96"/> | => $\beta$ x BxVr=  | <input type="text" value="0"/> |
| Resíduos Classe C => $\chi$ %   | <input type="text" value="1.28"/>  | => $\chi$ x BxVr=   | <input type="text" value="0"/> |
| Resíduos Classe D => $\delta$ % | <input type="text" value="0.16"/>  | => $\delta$ x BxVr= | <input type="text" value="0"/> |

Figura 860 – Dados de entrada para o PEQ, parte II de IV (O pesquisador, 2019)

Cálculo de resíduos, por etapa de obra e classe de resíduo.

Arquivos

$VR = 225.419 + 0.195 * ATC + 428.463 * NTP - 2.058 * APT + E$

Dados Iniciais:

|       |          |  |
|-------|----------|--|
| ATC = | 11031.99 |  |
| NTP = | 10       |  |
| APT = | 1033.4   |  |
| E =   | 145.3    |  |
| VR =  | 0        |  |

Onde:

- VR= Volume total de resíduos gerados em obra;
- ATC= Área total construída;
- NTP= Número total de pavimentos;
- APT= Área do pavimento tipo;
- E= Erro padrão.

Quantidade de resíduos total em cada etapa de obra:

|                  |      |           |   |
|------------------|------|-----------|---|
| Fundação => A%   | 25.7 | => AxVr = | 0 |
| Estrutura => B%  | 19.0 | => BxVr = | 0 |
| Alvenaria => C%  | 36.7 | => CxVr = | 0 |
| Acabamento => D% | 18.6 | => DxVr = | 0 |

Quantidade de resíduos por classe em cada etapa de obra:

Fundação | Estrutura | Alvenaria | Acabamento

|                                 |      |                     |   |
|---------------------------------|------|---------------------|---|
| Resíduos Classe A => $\alpha$ % | 86.7 | => $\alpha$ xCxVr = | 0 |
| Resíduos Classe B => $\beta$ %  | 12.2 | => $\beta$ xCxVr =  | 0 |
| Resíduos Classe C => $\chi$ %   | 1    | => $\chi$ xCxVr =   | 0 |
| Resíduos Classe D => $\delta$ % | 0.1  | => $\delta$ xCxVr = | 0 |

Figura 861 – Dados de entrada para o PEQ, parte III de IV (O pesquisador, 2019)

Cálculo de resíduos, por etapa de obra e classe de resíduo.

Arquivos

$VR = 225.419 + 0.195 * ATC + 428.463 * NTP - 2.058 * APT + E$

Dados Iniciais:

|       |          |  |
|-------|----------|--|
| ATC = | 11031.99 |  |
| NTP = | 10       |  |
| APT = | 1033.4   |  |
| E =   | 145.3    |  |
| VR =  | 0        |  |

Onde:

- VR= Volume total de resíduos gerados em obra;
- ATC= Área total construída;
- NTP= Número total de pavimentos;
- APT= Área do pavimento tipo;
- E= Erro padrão.

Quantidade de resíduos total em cada etapa de obra:

|                  |      |           |   |
|------------------|------|-----------|---|
| Fundação => A%   | 25.7 | => AxVr = | 0 |
| Estrutura => B%  | 19.0 | => BxVr = | 0 |
| Alvenaria => C%  | 36.7 | => CxVr = | 0 |
| Acabamento => D% | 18.6 | => DxVr = | 0 |

Quantidade de resíduos por classe em cada etapa de obra:

Fundação | Estrutura | Alvenaria | Acabamento

|                                 |      |                     |   |
|---------------------------------|------|---------------------|---|
| Resíduos Classe A => $\alpha$ % | 72.4 | => $\alpha$ xDxVr = | 0 |
| Resíduos Classe B => $\beta$ %  | 24.3 | => $\beta$ xDxVr =  | 0 |
| Resíduos Classe C => $\chi$ %   | 1.5  | => $\chi$ xDxVr =   | 0 |
| Resíduos Classe D => $\delta$ % | 1.8  | => $\delta$ xDxVr = | 0 |

Figura 862 – Dados de entrada para o PEQ, parte IV de IV (O pesquisador, 2019)

E dessa forma, rodando o PEQ se chegaria aos resultados que constam nas figuras 863, 864, 865 e 866.



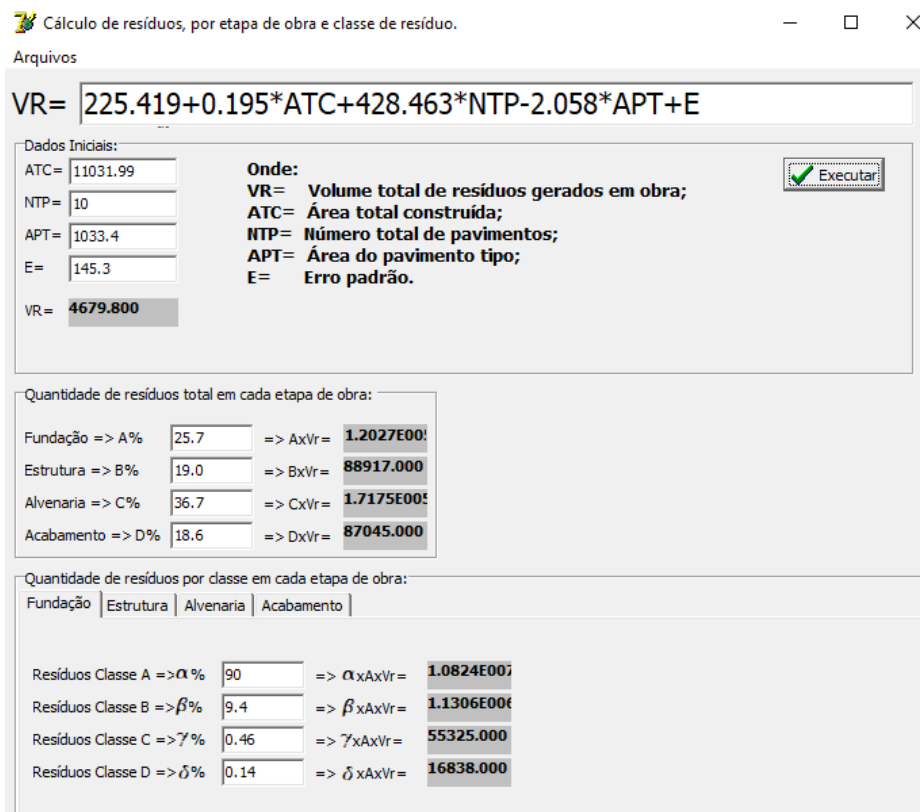


Figura 863 – Resultados fornecidos pelo PEQ, parte I de IV (O pesquisador, 2019)

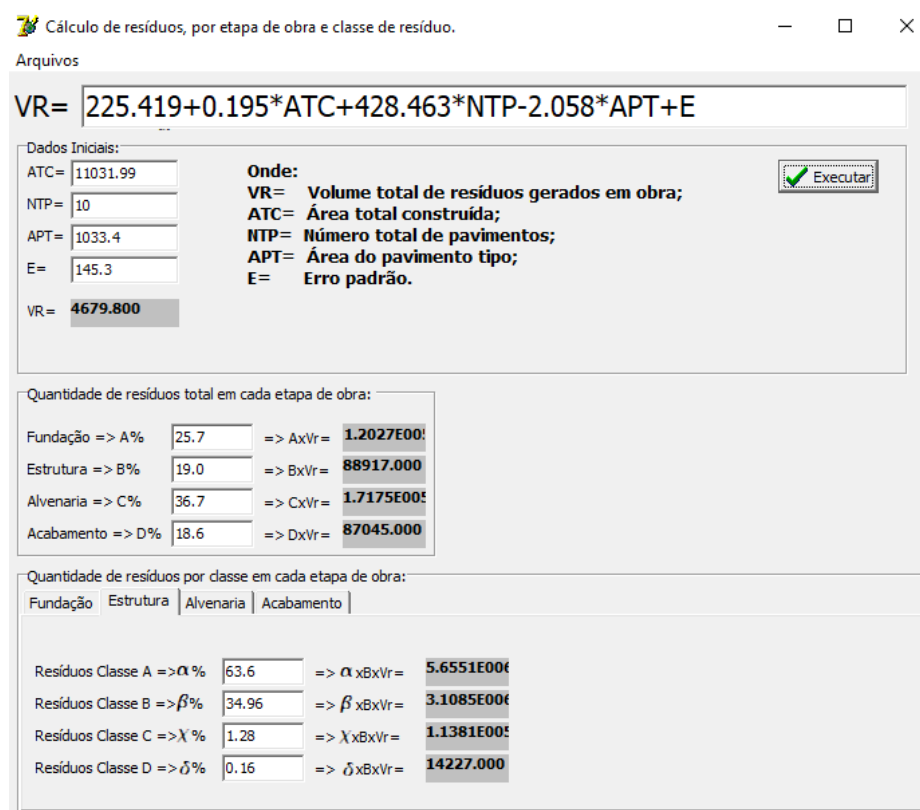


Figura 864 – Resultados fornecidos pelo PEQ, parte II de IV (O pesquisador, 2019)

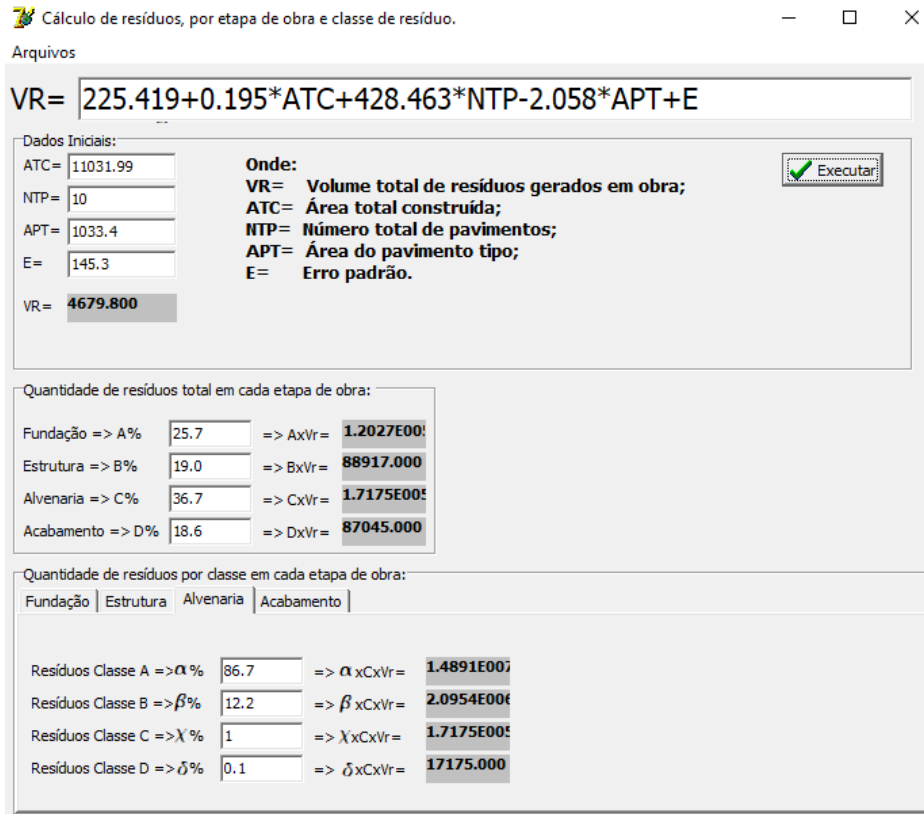


Figura 865 – Resultados fornecidos pelo PEQ, parte III de IV (O pesquisador, 2019)

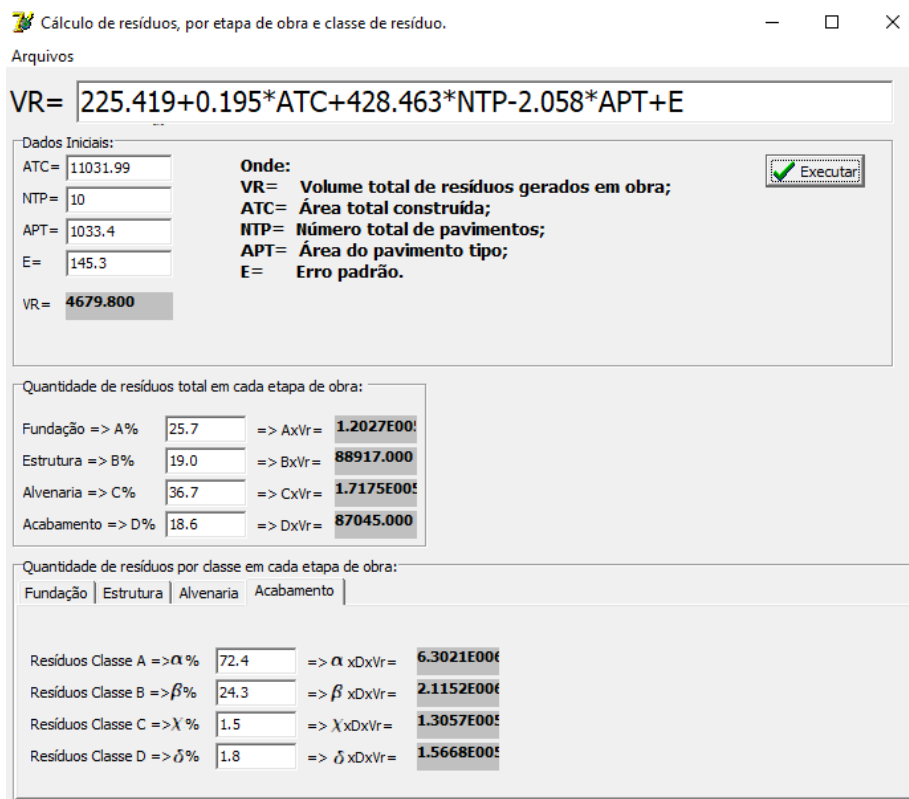


Figura 866 – Resultados fornecidos pelo PEQ, parte IV de IV (O pesquisador, 2019)

Assim sendo, teria-se respondido às questões quantitativas essenciais de previsão de RCC's ao longo da execução da obra, e os dois programas, atuando conjuntamente, mostram a sua grande valia no auxílio ao gerenciamento dos resíduos de construção, nesse tipo de obras, e para as empresas privadas.

A resposta a estas questões de previsões de quantidades de resíduos a serem geradas no canteiro, é fundamental aliás para que as construtoras possam se programar até logisticamente no que respeita a dimensionamento de áreas internas para acondicionamento em obra, número de bags a utilizar, número de caçambas a contratar e periodicidade de descarte de resíduos, e outros.

## **8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES**

A proposta desta tese – desenvolver um conjunto/sistema de programas livres, que apoiassem as decisões dos construtores privados de edifícios verticais multifamiliares, quanto ao gerenciamento de RCC's produzidos em seus canteiros de obra – foi plenamente conseguido.

Por outro lado, se considera que os objetivos específicos da tese a seguir enunciados também foram alcançados, a saber:

- Realizar diagnóstico dos principais itens/etapas que compõem o gerenciamento de RCC em 3 canteiros de obra (estudos de caso);

- Verificar e analisar o atual estágio de implantação da legislação vigente nos canteiros estudados;

- Estudar a lógica e o “modus operandi” do gerenciamento de RCC nas obras objeto de estudo de caso;

- Estudar a gestão de RCC em canteiros de obra noutros países, como subsídio para o objectivo principal, fazendo as adaptações necessárias;

- Propor um modelo de gestão de RCC para construtoras brasileiras;

- Desenvolver ferramenta informática de apoio à gestão privada dos RCC, no qual usuários possam gerenciar: produção, manejo e destinação final desses resíduos;

As pesquisas de campo, com as correspondentes coletas de registros e documentações de controle das empresas, quanto ao gerenciamento dos respectivos RCC's produzidos em canteiro, permitiram concluir por diferenças ao nível de organização, de empresa para empresa, no que refere a esse mesmo gerenciamento. Assim, e apenas a título de exemplo, verifica-se que, enquanto uns têm dados dos totais de resíduos gerados em suas obras entretanto concluídas, outros não.

Ademais, para que quaisquer iniciativas com vista à redução dos impactos causados pelos RCC's gerados em canteiro tenham êxito, seria necessário que programas mais eficazes de educação ambiental dos funcionários das construtoras fossem implantados.

A população vizinha dos canteiros também precisaria estar ciente das normas estabelecidas em lei, até para uma maior cobrança às construtoras pelas suas práticas de gerenciamento de resíduos. Eventualmente, a melhor maneira de o conseguir seria através

de programas de Educação Ambiental, os quais poderiam ser ministrados nas escolas pertencentes às zonas envolvidas a essas obras. Esses programas de Educação Ambiental nas escolas, deveriam ser feitos primeiramente para professores dos diversos níveis de ensino, para que eles possam constituir agentes repetidores para seus pares, de modo a que essas informações cheguem aos alunos, fazendo com que crianças, adolescentes e jovens, sejam os melhores agentes multiplicadores de informações, e ao mesmo tempo os melhores vigilantes participativos.

Pelo estudo de campo da gestão privada de RCC's em canteiros de obras verticais multifamiliares, foi possível concluir pela existência de grandes diferenças quanto à Qualidade desse gerenciamento nas construtoras.

Assim, houve inclusive uma quarta obra que foi estudada, pertencente a uma terceira construtora privada de edifícios, mas cujos dados e informações não foram incluídas na tese, em função do baixíssimo nível de gerenciamento apresentado. Considerou-se que não traria valor agregado à pesquisa, tendo sido até, a determinada altura, interrompidas as observações diretas em obra por esse motivo. Era uma obra onde um funcionário já havia falecido por problemas de segurança em canteiro, apesar disso houve oportunidade de registrar fotograficamente outras situações que poderiam conduzir novamente a semelhante desfecho, a empresa já operava no mercado há mais de 40 anos, e apesar disso não tinha registros dos quantitativos de RCC's produzidos nas suas obras concluídas até então. A organização dos equipamentos de condicionamento interno de RCC's em canteiro era muito deficiente, a contaminação entre resíduos de classes diferentes era recorrente, e outras falhas se registravam.

Já quanto à obra objeto de estudo-piloto, considera-se que as práticas relativas ao gerenciamento de RCC's nas suas obras vão a caminho de uma melhoria constante, provavelmente influenciadas pela visão estratégica da Administração da empresa, que é composta por dois sócios extremamente jovens para o que é normal encontrar a esse nível de decisão. Era uma empresa ainda recente (7 anos de atuação no mercado), por isso ainda com falta de um banco de dados minimamente representativo de obras concluídas com registros de totais de RCC's gerados em canteiro, com procedimentos de gerenciamento de resíduos ainda não ao nível da empresa construtora das obras 1 e 2, mas que evoluíram a caminho disso rapidamente.

Finalmente, a construtora responsável pela execução das obras 1 e 2 do estudo, possuía já práticas de gerenciamento perfeitamente consolidadas. Assim, tinha um banco histórico de dados de geração de RCC's em obras concluídas que, não sendo vasto (a

empresa também era relativamente recente), já estava organizado. O nível de organização interna dos dispositivos para gerenciamento de resíduos em canteiro, era francamente bom. Tinha PGRCC's das obras detalhados, os quais eram fruto de parceria com empresa externa de consultoria da especialidade. O nível de transparência de práticas de Qualidade em obra era muito bom também. Ou seja, era uma empresa já em um outro nível de organização, provavelmente devido ao fato de que ela mesma era uma empresa menor incluída em um grupo construtor de maior dimensão.

No caso de haver interesse em futuros trabalhos que complementem esta tese, podem ser sugeridos:

- Validar a ferramenta de decisão produzida por esta tese;
- Aperfeiçoar os softwares Pdecisão e PEQ, com a criação de módulos de diagnóstico e de controle de descarte pós saída de canteiro, até para resíduos perigosos e de logística reversa.
- Estudar a viabilidade econômica para implantação de mini-usinas de reciclagem de resíduos de classe A dentro dos canteiros das empresas;
- Aprofundar melhor estudos relacionados à gestão dos RCC's em outros países com vista ao conhecimento de novos modelos de gerenciamento;

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: Abrelpe, 2010.

AFFONSO, F.J.A. **Caracterização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para uso em camadas drenantes de aterros sólidos**. 161p. Tese (Doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

AGOPYAN, V. **Números do desperdício**. Revista Técnica, São Paulo: Editora PINI, n. 53, Agosto, 2001.

AGOPYAN, V.; SOUSA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**, Coletânea Habitare, Volume 2, 480p, 224 – 249, Porto Alegre, 2003.

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos**. 2005. 149 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ARAÚJO, V.M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, 2009, 228p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE CHAPAS DE DRYWALL. **Resíduos de gesso na construção civil – coleta, armazenagem e destinação para reciclagem**. maio de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO - ABRAMAT. **Perspectivas da cadeia produtiva frente à expansão do mercado**. São Paulo: ABRAMAT, 2008. 33p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro, 1980

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: solubilização de resíduos – procedimento. Rio de Janeiro, 1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: amostragem de resíduos – procedimento. Rio de Janeiro, 1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174**: armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes – procedimento. Rio de Janeiro, 1990

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235**: armazenamento de resíduos sólidos perigosos - procedimento. Rio de Janeiro, 1992

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13895**: construção de poços de monitoramento e amostragem – procedimento. Rio de Janeiro, 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**: resíduos de construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113**: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterros – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: resíduos sólidos da construção civil - áreas de reciclagem - diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - execução de camadas de pavimentação – procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2004.

AWAD, E.M. **Management Information Systems**, Benjamin/Cummings, 1988.

BAASCH, S.S.N. **Um sistema de suporte multicritério aplicado na gestão dos resíduos sólidos nos municípios catarinenses**. Tese (Doutorado), submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Doutor em Engenharia. Florianópolis, 1995.

BARRETO, I.M.C.B. do N. **Gestão de resíduos na construção civil**. Aracaju: SENAI/SE; SENAI/DN; COMPETIR; SEBRAE/SE; SINDUSCON/SE, 2005. 28p. il.

BELO HORIZONTE, Câmara Municipal. Lei Municipal nº 7.277, de 17 de Janeiro de 1997. Institui a Licença Ambiental.

BEN, F. **Utilização do método AHP em decisões de investimento ambiental**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.



BERNARDES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P.D.M.; ABREU, A.G. **Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo**, Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.8, n.3, p. 65-76, jul./out. 2008.

BIDONE, F.R.A. (Coord) **Resíduos Sólidos Provenientes de Coletores Especiais: Eliminação e Valorização**. Rio de Janeiro: ABES, 2001, 212p

BLUMENSCHNEIN, R.N. **Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: SEBRAE/DF. 48 p. 2007.

BOCHENEK, C. **Identificação de oportunidades de incentivos para a realização do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) nas construtoras de Curitiba-PR**. Dissertação (Mestrado) apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná e à *Universität Stuttgart* Alemanha, com requisito para obtenção do grau de Mestre em Meio Urbano e Industrial. Curitiba. 2012.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília, 1978

BRASIL. Ministério da Saúde. Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 jan. 2001.

BRASIL. **Lei Federal Nº. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. **Decreto Federal nº 7.404/2010** – Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Publicação no Diário Oficial da União – DOU de 23/12/2010, Edição extra.

BRUM, F.M. **Implantação de um programa de gestão de resíduos da construção civil em canteiro de obra pública: o caso da UFJF**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

BRUM, F.M.; HIPPERT, M.A.S. **Projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil: uma análise das propostas existentes**. In: VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 8 e 9 de Junho de 2012. ISSN 1984-9354. 20p.

BRUNDTLAND, G. **Our common future: Report of the 1987 World Commission on Environment and Development**. 1987.

BUARQUE, C.; OCHOA, H.J. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 266p.

BUCHANAN, L.; O'CONNELL, A. **Uma breve história da tomada de decisão**. Harvard Business Review, jan 2006.

BURCH, J.G.; GRUDNITSKI, G. **Information Systems - Theory and Practice**, John Wiley & Sons, 1989.

BURSZTYN, M.A.A. **Gestão Ambiental: Instrumentos e Práticas**. FUNCEP. Brasília, 1991.

CABRAL, A.E.B.; MOREIRA, K.M. de V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Fortaleza, Adosto de, p. 11, 2011

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Formulário da Construção. Planilha disponível em <http://www1.caixa.gov.br/habitacao.documentoshabitacaocaixa.s.d>. Acesso em 06 de outubro de 2017.

CAMPOS, V.R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos de saneamento**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996.

CARNEIRO, F.P. **Diagnóstico e ações da situação atual dos resíduos desconstrução e demolição na cidade do Recife**. 320 p. João Pessoa/PB, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, 2005.

CARNEIRO, A.P.; CASSA, J.C.S.; BRUM, I.A.S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção**. Projeto entulho bom. EDUFBA; Caixa Econômica Federal. Salvador. 312 p. 1ª edição. 2001.

CARRIJO, P.M. **Análise da influência da massa específica dos agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construção Civil e Urbana). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CASSAROTO FILHO, N. e KOPITTKE, B. **Análise de investimentos**. 3ª edição. Editora Revista dos Tribunais, Vértice. São Paulo, 1987.

CASSA, J.C.S.; DE BRUM, I.A.S.; CARNEIRO, A.P. **Diagnóstico dos setores produtores de resíduos na região metropolitana de Salvador/Bahia. Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção–Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, 2001.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA ARECICLAGEM **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: CEMPRE, 2010.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares 2009**. São Paulo: CETESB, 2010.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares 2010**. São Paulo: CETESB, 2011.

CHAVES, M.C.C.; GOMES JR, S.F.; PEREIRA, E.R.; MELLO, J.C.C.B.S. **Utilização do método ELECTRE II para avaliação de pilotos no campeonato de Fórmula 1**. Eprodução, v.20, n. 1, jan/mar. 2010, p. 102-113.

CHELSOM, J.V.; PAYNE, A.C.; REAVILL, L.R.P. **Gerenciamento para Engenheiros, Cientistas e Tecnólogos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos Científicos Editora S.A., 2006.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1986. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986**.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente 2002. **Resolução do CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. **Resolução nº 431, de 25 de maio de 2011**: Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, Maio de 2011.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente 2012. **Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012**: Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília, Janeiro, 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2015. **Resolução nº 469** – Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 30 de Julho de 2015. Acesso em 06 de outubro de 2017, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability: a primer**. Austin, 1986. (CII publication 3-1). 1986

CONTADOR, C.R. **Avaliação Social de Projetos**. Ed Atlas. São Paulo, 1984.

CÓRDOBA, R.E. **Estudo do Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção e Demolição do Município de São Carlos - SP**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos). São Carlos, 2010.

COSTA, P.H.S.; ATTIE, E.V. **Análise de projetos de investimento**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1990. 222p.

COUTO-NETO, A.G. **Construção Civil Sustentável: avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras - um estudo de caso**, 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio

Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CUNHA JUNIOR, N.B. (coord). **Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil**. SINDUSCON-MG, 2005. 38p.

DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (DEPA) **Waste statistics 2005**. Environmental Review nº 6, 2007. Orienting fra Miljostyrelsen. Danish Ministry of the Environmental, Copenhagen, 2007.

DAVIS, G.B.; MARGRETHE H.O., **Management Information Systems**, McGraw-Hill, 1985.

DECRETO MUNICIPAL Nº 27078 DE 27 DE SETEMBRO DE 2006 – Município do Rio de Janeiro.

DIAS, M.F. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo. 2013.

D' OLIVEIRA, M.C.P.; PICANÇO, A.P.; ANDRADE, A.M. **I-004–GIR@ SSOL–Software para apoio à gestão de resíduos de construção e demolição: validado no município de Palmas/TO**. XI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos – Desafio para implantação da Política Nacional. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2014.

ESPINELLI, U. 2005. **A gestão do consumo de materiais como instrumento para a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras**. In: Seminário de Gestão e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição – Avanços e Desafios. São Paulo, PCC USP. 2005.

EVANGELISTA, P. de A.; COSTA, D.B.; ZANTA, V.M. **Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 23-40, jul./set. 2010.

FARAH, M.F.S. **Formas de Racionalização do Processo de Produção na Indústria da Construção**. In Construção São Paulo, São Paulo, Janeiro 1992.

FIGUEIREDO, D.S de; MELLO, J.C.C.B.S de. **Índice híbrido de eficácia e eficiência para lojas de varejo**. Gestão & Produção, v.16, n.2, São Carlos, 2009, p.286-300.

FORMOSO, C.T.; SOIBELMANN, L.; CESARE, C.; ISATTO, E.L. Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. **Journal of construction engineering and management**. July/August, 2002.

FORTALEZA, Câmara Municipal. **Lei nº 8.408, de 24 de dezembro de 1999**. Estabelece normas de responsabilidade sobre a manipulação de resíduos produzidos em grande quantidade, ou de naturezas específicas, e dá outras providências. 1999: 6p.

FOSSATTI, M. **Metodologia para avaliação da Sustentabilidade de Projetos de Edifícios: o caso de escritórios em Florianópolis.** Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

FRAGA, M.F. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras.** Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2006, 75p.

FRANCHI, C.C.; SOIBELMAN, L.; FORMOSO, C.T. **As perdas de materiais na indústria da construção civil.** In: II Seminário qualidade na construção civil: Gestão e tecnologia, Porto Alegre/RS, 1993. Anais..., p.133-98, Porto Alegre: UFRGS, 1993.

FRANCO, L.S.; AGOPYAN, V. **Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP–BT/PCC/94, 1993

FRANKLIN ASSOCIATES **Characterization of Building-related Construction and Demolition Debris in the United States.** Report n° EPA530-R-98-010. The U.S. Environmental Protection Agency, Municipal and Industrial Solid Waste Division, Office of Solid Waste, Washington, DC, 1998.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. **Perfil do Saneamento Básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos – os serviços de água e esgoto.** Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, Centro de Estudos Históricos e Culturais, 2000.

GH2M GORE & STORRIE LIMITED **Construction, Renovation and Demolition (CRD) waste characterization study.** Alberta Construction, Renovation and Demolition (CRD) Waste Advisory Committee, Canadá, 2000.

GIANGRANDE, A. **Analise multicriteri e valutazione d’ impatto ambientale: il caso della cammionale Firenze-Bologna.** Universidade de Reggio Calabria, Roma. Itália, 1988.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 168p.

GONZÁLEZ, M.A.S. **Metodologia de avaliação de imóveis.** Novo Hamburgo: SGE, 2003.

GREENWOOD, R; EGBU, C. **Construction waste minimisation.** SGC collaboration with Kyoto University and Tananka Research Institute. Japão, 2005.

HAMADA, P. **Formulação de um índice de qualidade de gestão de resíduos sólidos urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Programa de Pós-

graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração Saneamento. Bauru, 2011.

HELLER, P.G.B. **Avaliação dos Serviços de Saneamento de Quatro Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas-MG. Uma abordagem da Dimensão Tecnológica.** (Dissertação – Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2007.

HENDRICKS, C.H.F.; PIETERSEN, H.S. **Sustainable raw materials: construction and demolition waste.** Report 22. France: RILEM: Publications s.a.r.l., 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB): dados da amostra, 2000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2002.** IBGE, Rio de Janeiro, 2002.

JADOVSKI, I. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição.** 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

JOHN, V.M. (Coord). **Manual de Habitação mais Sustentável.** Projeto Finep 2386/04: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo, 2009.

JOHN, V.M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção.** In: **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom. pp 26-44.** Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

JOHN, V.M.; SILVA, V.G. da; AGOPYAN, V. **Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro.** Encontro Nacional, v. 2, p. 91-98, 2001.

KARAGIANNIDIS, A.; PAPAGEORGIOU, A.; PERKOULIDIS, G.; SANIDA, G.; SAMARAS, P. **A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: A case study for Central Macedonia.** Waste Management, v. 30, issue 2, February 2010, p. 251-262.

KERLINGER, F.N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual.** São Paulo: EPU, 1980.

KRUGER, E.L.; DRACH, P.R.C.; EMMANUEL, R.; CORBELLA, O.D. **Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido.** E.12, n. 2, p. 121-130, 2012.

KRÜGER, H.M. **Elaboração do plano de gerenciamento dos resíduos da construção civil de uma obra no município de Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina para conclusão do Curso de Graduação

em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, SC. Agosto/2013.

LAI, V.S.; TRUEBLOOD, R.P.; WONG, B.K. **Software Selection: a case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system**, Information and Management, v. 36, n. 4, p. 221-232, 1999.

LATTERZA, L.M. **Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição: um novo material para fabricação de painéis leves de vedação**. 1998. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

LAURITZEN, E.K. **Recycling Concrete – An Overview of development and challenges**. Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, 9-11 November 2004, Barcelona, Espanha, 2004.

LEITE, L.B.T **Panorama da Logística de Resíduos da Construção Civil no Rio de Janeiro**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Rio de Janeiro. Agosto de 2014.

LEITE, W.C. de A. **Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a unidade de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI-5) como referência**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1997.

LEOPOLD, L.B.; CLARKE, F.E.; HANSHAW, B.B.; BALSLEY, J.R. **A Procedure for Evaluating Environmental Impact**. Geological Survey Circular 645. University of Michigan Libraries. Washington, 1971.

LEVY, S.M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregado de argamassas e concretos**. São Paulo, 1997. 147 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.

LIMA, J.A.R. **Proposição de diretrizes para a produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos**. São Carlos, 1999. 204p. Dissertação (Mestrado). EESC, Universidade de São Paulo.

LIMA, R.S; Lima, R.R.R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Série de Publicações Temáticas do CREA-PR, 2012.

LIPSMEIER, K.; GUNTHER, M.; JALALI, S.; PEREIRA, L. **WAMBUCO – Manual europeu de resíduos da construção de edifícios**. V.3. 98p. Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden. University of Technology, Dresden, 2002.

LIRA, A. da S. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: aspectos relevantes**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Direito. Campina Grande – PB. 2010.

LOPES, L.R. **Avaliação da interferência dos finos no desempenho de concretos com resíduos de construção e demolição.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2005.

LOPES, Y.G.; FIGUEIREDO, F.A. **Modelo de Decisão Multicritério para Localização de Unidades de Serviço e Varejo Baseado no Método Promethee II.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Rio de Janeiro.

LORDÊLO, P.M.; EVANGELISTA, P.P.A.; FERRAZ, T.G.A. **Programa de gestão de resíduos em canteiros de obras: método, implantação e resultados.** In: Programa de Gestão de Resíduos da Construção Civil, SENAI/BA, 2006.

LUCAS JR, H.C. **Information Systems Concepts for Management,** McGraw-Hill International, 1990

MAIA, A.C.; SOUZA, U.E.L. **Método para conceber o arranjo físico dos elementos do canteiro de obras de edifícios: fase criativa.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. BT/PCC/338. 20p. 2003.

MALHEIRO, P. **70 por cento dos RCD sem paradeiro,** *Água & Ambiente – O Jornal de Negócios do Ambiente*, n.º113, Água e Ambiente. 2008.

MÁLIA, M.A.B. **Indicadores de resíduos de construção e demolição.** 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior Técnico Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

MÁLIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. **Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n.º 3, p. 117-130, jul./set. 2011.

MARCHEZETTI, A.L. **Avaliação de Alternativas Tecnológicas para o Tratamento de Resíduos Domiciliares pela Aplicação do Método AHP: Estudo de Caso da Região Metropolitana de Curitiba.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M.C.B. **Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos domiciliares.** *Ambiente Construído*, 11(2), 173-187. 2011.

MARQUES NETO, J.C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil.** São Carlos: RiMa, 2005.

MARQUES NETO, J.C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição da bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15).** 665 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.



MARQUES NETO, J.C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição da bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. 665 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MARTINI, R.S.V. **Estudo da reutilização de materiais reciclados em obras de construção civil**. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil. Guaratinguetá, 2012.

MARTINS, F.G.M. **Gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil em obras de grande porte – Estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012, 188p.

MARTINS, C.H; PADILHA, D.J.; VERÍSSIMO, R. **Utilização do método AHP na avaliação de critérios relevantes à implantação de programas de coleta seletiva**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 4, n. 3, Dez/2012.

MASCARÓ, J.L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 5ª edição. Porto Alegre. Masquatro editora, 2010.

MASSA, H. **Fondements de la pratique de l’approche systémique en travail social: l’approche systémique**. Les Cahiers de l’ACTIF, n. 308-309, p. 9-28, 2002.

MASSEY, J.T.; BOTMAN, S.L. Weighting adjustment for random digit surveys. In: GROVES, R.M.; BIEMER, P.P.; LYBERG, L.E.; MASSEY, J.T.; NICHOLLS II, W.L.; WAKSBERG (Ed.). **Telephone survey methodology**. Canadá: J. A Wiley-Interscience Publication e John & Sons Inc., 2001, p.143-160.

MATTOS, A.D. **Planejamento e controle de obras**. Pini, 2010.

MATTOS, B.B. de M. **Estudo do reuso, reciclagem e destinação final dos resíduos da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Rio de Janeiro, 2013.

MCBEAN, E.A.; ROVERS, F.A.; FARQUHAR, G.J. **Site-Selection methodologies**. In: Solid Waste Landfill Engineering and Design. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995, p.39 82.

MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J. **Limites do crescimento: um relatório para o projeto Clube de Roma sobre o dilema da humanidade**. In: **Limites do crescimento: um relatório para o projeto Clube de Roma sobre o dilema da humanidade**. Perspectiva, 1972.

MÉLÈSE, J. **Approches systémiques des organisations: vers l’entreprise à complexité humaine**. Ed. Hommes et techniques, 1990.

MELIGHENDER, M. **Os Desperdícios na Construção Civil**. In: III Encontro Nacional da Construção – 111 EXPO-ENCO. Anais. Porto Alegre, Rio Grande do Sul 1976.

MENDES, T.S. **Educação ambiental: mapeamento dos pontos de resíduos da construção civil de Campina Grande –PB**. 2014.

MIRANDA, C.A. de **Modelo para a Gestão de Resíduos de Construção e Demolição uma solução para as empresas de construção civil (Ilha de São Miguel – Açores)**. Dissertação (Mestrado). Universidade dos Açores. 2009

MIRANDA, L.F.R.; ANGULO, S.C.; CARELI, E.D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009. ANTAC. ISSN: 1678-8621

MITTRA, S.S. **Decision Support Systems Tools and Techniques**, John Wiley & Sons, 1986.

MONTEIRO, J.H.P. *et al* Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001

MONTGOMERY, D.C.; RUNGER, G.C.; HUBELE, N.F. **Mestatística aplicada à engenharia**. 2. ed. São Paulo: LTC. 2004.

NOLAN, R.L. **Management Accounting and Control of Data Processing**, National Association of Accountants, 1977.

NOVAES, M. de V.; MOURÃO, C.A.M. do A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. COOPERCON – Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará. 1ª Ed. 2008: Fortaleza, CE. 100p.

NUNES, K.R.A. **Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA, C.A. de; BELDERRAIN, M.C.N. **Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridades do AHP**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), 2008.

OSGOOD, C.E.; SUCI, G.J.; TANNENBAUM, P.H. **The measurement of meaning**. 4ed. Urbana, Chicago, and London: University of Illinois Press, 1978.

OSMANI, M.; GLASS, J.; PRICE, A. **Architect and contractor attitudes to waste minimization. Proceedings of the Institution of Civil Engineers**. Waste and Resource Management 159. Issue WR2. p. 65-72. 2006.

OSMANI, M. “Construction Waste”. In: LECHTER, T.M.; VALLERO, D.A. (editores) **Waste: A Handbook for Management**, Elsevier, p. 207-218. 2011.

PALIARI, J.C. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 1999. 473p.

Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PANDOLFO, F. **Proposta de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para um empreendimento localizado em Porto Alegre.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil. Porto Alegre, Junho de 2012.

PEREIRA, S.D.L. **Modelagem da decisão por pacotes de viagem: um estudo usando o processo de hierarquia analítica – AHP.** 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.

PINTO, T. de P. **Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas.** São Carlos, 1986. 137p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PINTO, T. de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999, 189p.

PINTO, T. de P. (coord) **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP.** São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005.

PINTO, T. de P.; Gonzáles, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** Brasília: CAIXA, 2005.

PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO – PMSS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) – diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2005. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Modernização do Setor de Saneamento, Brasília, DF: 2005.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Metodologias e Técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. 65 p.

PUCCI, R.B. **Logística de resíduos da construção civil atendendo à Resolução Conama 307.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, 2006, 137p.

RESOLUÇÃO SMAC N.º 387 de 24 de maio de 2005: Disciplina, no âmbito do município do Rio de Janeiro, a apresentação de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – RCC.

RESOLUÇÃO SMAC N.º 519, DE 21 DE AGOSTO DE 2012: Disciplina, no âmbito do município do Rio de Janeiro, a apresentação de Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

ROCHA, E.G. de A. **Os resíduos sólidos de construção e demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. Um estudo de caso no Distrito Federal.** Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) Programa de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

ROCKART, J.F.; BULLEN, C.V. **The Rise of Managerial Computing**, Dow Jones-Irwin, 1986.

RODRIGUES, R.C. **Gestão de resíduos da construção civil: estudo de caso com moradias populares.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2014.

ROSNAY, J. **Le macroscope: vers une vision globale.** Paris: Du Seuil, 1975.

ROY, B. **Méthodologie multicritère d' aide à la décision.** Edition Economica. Paris, France, 1985.

RUIVO, J.; VEIGA, J. **Resíduos de Construção e Demolição: estratégia para um modelo de gestão**, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004.

SAATY, T.L. **Método de Análise Hierárquica.** Editora McGraw Hill Ltda. São Paulo, 1991.

SAATY, T. L. **Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process.** Behaviormetrika, v. 29, p. 1-9, 1991.

SAATY, T.L. **Decision making with the analytic hierarchy and network process (AHP/ANP).** In: Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. 2ed. Pittsburgh, USA: RWS Publications, p.1-46, 2009.

SABBATINI, E.H. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos: Formulação e Aplicação de uma Metodologia.** São Paulo: 1989, Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SÁEZ, P.V.; MERINO, M. Del R.; PORRAS-AMORES, C. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. **rWaste Management & Research**, v.30, n.2, p. 137-146, 2012.

SANTOS, E.C.G. **Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado.** 2007. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SÃO CARLOS-SP, 2006. Lei nº 13867, de 12 de Setembro de 2006. Institui o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil e o sistema para gestão destes resíduos e dá outras providências. São Carlos, SP, 2006.

SÃO PAULO. Lei nº 12300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes, 2006.

SARDÁ, M.C. **Diagnóstico do resíduo da construção civil gerado no município de Blumenau – SC: potencialidades de uso em obras públicas.** 2003. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2003.

SCALCH, V.; CORDOBA, R.E., In: LEITE, W.C.A. **A visão da Academia sobre a Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil.** Curso ministrado na Escola Superior do Ministério Público Federal. Brasília-DF, Novembro de 2011.

SCALONE, P.A. **Gerenciamento de resíduos de construção civil: estudo de caso em empreendimentos comercial e residencial em Londrina/Pr.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina. 2013.

SEGATTO-MENDES, A.P.; MENDES, N. **Cooperação Tecnológica Universidade-Empresa para Eficiência Energética: um Estudo de Caso.** ERAC – Revista de Administração Contemporânea [em linea]. 2006, 10(Esp), 53-75.

SEPÚLVEDA, J. **Gestão dos resíduos de construção e demolição em Portugal,** Universidade do Minho, Guimarães, 2007.

SOUZA, U.E.L.; FRANCO, L.S.; PALIARI, J.C.; CARRARO, F. **Recomendações gerais quanto à localização e tamanho dos elementos do canteiro de obras.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. BT/PCC/178. 24p. 1997.

SPRAGUE, R.H.; WATSON, H.J. **Sistemas de Apoio à Decisão,** Campus. 1991.

SILVA, C.E.S.; GUIMARÃES, S.M. **A importância da construtibilidade na gestão de projetos de construção civil.** XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2006. Disponível em: [http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/886.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/886.pdf) Acesso em: 10 out. 2016.

SILVEIRA, P.E.M. **A aplicação do resíduo de construção e demolição reciclado no compósito solo-cimento.** 2005. 132f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2005.

SILVERIO, L.B.; FERREIRA, A.S.; RANGEL, L.A.D. **Avaliação das Cidades da Região Sul Fluminense Empregando o Método Promethée II.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, Foz do Iguaçu.

SOUZA, U.E.L. DEANA, D.F. **Levantamento do estado da arte: Consumo de materiais.** Documento 2.5. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável – Projeto Finep 2386/04. São Paulo, 2007.

SPOSTO, R.M.; OTERO, J.A.; CAMPOLINA, A.M. Análise de perdas x capacidade das empresas de implantação de sistemas de gestão da qualidade (SGQ): programa piloto realizado em 10 empresas construtoras do D.F. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2º, FORTALEZA, CE, 2001. Artigo técnico, 2001, Fortaleza, CE, **Anais...13p.** Disponível em: <http://www.infohab.org.br>. Acesso em 26 out 2017.

STEVANATO, S. **Estudo de viabilidade de implantação de usina de moagem de entulho com recursos da iniciativa privada no município de Bauru.** (Dissertação) Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Mestrado em Engenharia de Produção, FE-UNESP, Bauru/SP, 2005.

STEVENSON, W.J. **Estatística aplicada à administração.** São Paulo: Harbra, 2001.

SYSMOND GROUP **Construction and demolition waste management practices, and their economics impacts.** European Comission, 1999.

TAVARES, L.P.M. **Levantamento e análise da deposição e destinação de resíduos da construção civil em Ituiutaba/MG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia. 2007.

TOLEDO, M.B. **Gerenciamento de resíduos da construção civil: estudo de caso do Loteamento Alphaville Brasília Residencial 1.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental. Universidade de Brasília. Planaltina – DF. 2012

TOM, P.L. **Managing Information as a Corporate Resource,** Harper Collings Publishers, 1991.

TOZZI, R.F. **Estudo da Influência do Gerenciamento da Geração dos Resíduos da Construção Civil (RCC) - Estudo de Caso de Duas Obras Em Curitiba/PR.** Dissertação de Mestrado. Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

TRIOLA, M.F. **Introdução à estatística.** 7ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ULSEN, C. **Caracterização tecnológica de resíduos de construção e demolição.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

UNIDO - Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial. **Manual de preparação de estudos de viabilidade industrial.** São Paulo: Atlas, 1987. 286p.

VARGAS, R.V. **Utilizando a programação multicritério (analytic hierarchy process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio.** Hpublicações PMI Global Congress 2010 – North America. Washington – DC – EUA – 2010.

VENTURA, K.S. **Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho. Estudo de caso: Santa Casa de São**

**Carlos – SP.** São Carlos: USP, 2009. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

VIDAL, L.A.; SAHIN, E.; MARTELLI, N.; BERHOUNE, M.; BONAN, B. **Applying AHP to select drugs to be produced by anticipation in a chemotherapy compounding unit.** Expert Systems with Applications, v. 37, issue 2, 2010, p. 1528–1534.

WALLISER, B. **Le Calcul Economique.** Editions La Decouvert. Paris, 1990.

WATSON, H.J.; RAINER R.K.; HOUESHEL, G. **Executive Information Systems,** John Wiley & Sons, 1992.

WILFORD, D.J.; SAKALS, M.E.; INNES, J.L.; SIDLE, R.C.; BERGERUD, W.A. **Recognition of debris flow, debris flood and flood hazard through watershed morphometrics.** Landslides; Dordrecht v.1, ed.1, mar. 2004, p. 61-66

YIN, R.K. **Case Study Research: Design and Methods (ver. Ed.),** Sage Publications, Beverly Hills, CA, 1989.

YIN, R.K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª. edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

<http://www.abrecon.org.br/o-que-e-entulho/> acesso em 26/Out/2016

<http://inac.org.br/crcd1/ure/ureosasco/galeria-de-fotos>; acesso em 10/Mar/2017

<http://www.portalresiduossolidos.com>; acesso em 17/Jan/2017

[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3046/1/Gest%C3%A3o\\_RCD.pt](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3046/1/Gest%C3%A3o_RCD.pt);

<http://www.vegedry.com.br>; acesso em 20/Fev/2017