

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

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA COM CONCEPÇÃO DE  
PROJETO DE USINA DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A PARA  
MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

**Maiara Fuzatti Nicolau**

São Carlos  
2018

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

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA COM CONCEPÇÃO DE**  
**PROJETO DE USINA DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A PARA**  
**MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE**

**Maiara Fuzatti Nicolau**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

**Área de Concentração:** Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade na Construção Civil

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

São Carlos  
2018

NICOLAU, Maiara F.

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA COM CONCEPÇÃO DE PROJETO DE USINA DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE / Maiara F. NICOLAU. -- 2018.

126 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: José da Costa Marques Neto

Banca examinadora: José da Costa Marques Neto, Rodrigo Eduardo Córdoba, Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Bibliografia

1. Resíduos de Construção Civil. 2. Usinas de Reciclagem. 3. Análise de viabilidade econômica. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

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

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Maiara Fuzatti Nicolau, realizada em 29/08/2018:

Prof. Dr. Jose da Costa Marques Neto  
UFSCar

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Cordoba  
UFSCar

Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro  
UNESP

*Dedico este trabalho à minha família, ao meu pai Paulo, à minha mãe Eunice e à minha irmã Tamara por toda a paciência e compreensão durante o processo de desenvolvimento do trabalho e também por me incentivarem a ser a pessoa que sou hoje.*

*Pelo apoio durante todos os momentos, principalmente de dificuldades, me encorajando a continuar a crescer, a cada dia mais, como profissional e ser humano.*

## *AGRADECIMENTOS*

---

Agradeço primeiramente a Deus, por ser minha luz, minha fonte de inspiração e meu guia nesse caminho tortuoso e cheio de surpresas chamado de vida. Com ele e com o apoio de minha família tenho tido coragem para aceitar e vontade de enfrentar os desafios que se encarregam de aparecer em minha vida.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil por todo o aprendizado dedicado por eles. Foi um prazer imenso tê-los como mestres podendo compartilhar de conhecimentos acadêmicos e profissionais durante esta jornada.

Ao professor Dr. José da Costa Marques Neto pela parceria proporcionada durante sua orientação que foi muito significativa, seu auxílio e preocupação com a minha pesquisa foi de suma importância para o desenvolvimento e enriquecimento do trabalho.

Aos professores Herick Moralles e Rodrigo Córdoba pelas orientações durante a banca de qualificação, que foram de muita utilidade para o desenvolvimento de minha pesquisa.

A todos os colegas, parceiros durante todo o programa, pela troca valiosa de conhecimento durante as aulas, pelos artigos escritos, pelos trabalhos em grupo apresentados. Aos queridos amigos Cléber e Maebara por toda a ajuda e atenção oferecidas.

Aos administradores das Usinas de Reciclagem de Resíduos de RCC das cidades de São José do Rio Preto e Bady Bassitt que possibilitaram a familiarização e ampliação do conhecimento sobre o tema em questão.

À empresa em que trabalho pela parceria, compreensão e disponibilidade por permitir o desenvolvimento da minha pesquisa e pelo apoio aos trabalhos desenvolvidos nas disciplinas, permitindo aplicar em campo alguns trabalhos ao longo do mestrado.

À grande equipe da engenharia, minha segunda casa, amigos, Marco Aurélio, Fabiana, Rita, Luiz Guilherme, Leda e Guilherme por compreenderem e me ajudarem nas minhas ausências da empresa.

Às minhas amigas, por todas as faltas, devido à minha dedicação ao desenvolvimento do trabalho.

Enfim, a todos que puderam e se propuseram a me apoiar contribuindo para a concretização deste grande trabalho.

Meu MUITO OBRIGADA!

*EPÍGRAFE*

---

*“Estuda sempre. A luz do conhecimento armar-te-á  
o espírito contra as armadilhas da ignorância.”*

*André Luiz*

## RESUMO

---

NICOLAU, Maiara Fuzatti. **Estudo de viabilidade econômica com concepção de projeto de usina de reciclagem de RCC classe A para municípios de pequeno porte**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

A indústria da construção civil é a principal geradora de resíduos da economia. Os RCC podem representar até 70% do total de resíduos sólidos urbanos produzidos (SINDUSCON, 2015) resultando numa preocupação com o desperdício dos materiais extraídos da natureza, com a sua disposição ilegal e conseqüente aumento da demanda por áreas de aterro. As Resoluções CONAMA e a NBR 15.114 (ABNT, 2004c) apresentaram as diretrizes para a correta destinação dos resíduos e o desenvolvimento da atividade de reciclagem de RCC como um dos caminhos para a solução desse problema. Além disso, Marques Neto (2003) e Córdoba (2010) demonstraram que quase a totalidade dos RCC, representada pelos resíduos classe A, pode ser reciclada com a produção de agregados reciclados. O desenvolvimento da reciclagem de RCC classe A no território brasileiro foi verificado na pesquisa de Miranda, Ângulo e Carelli (2009) com a identificação de 24 unidades de usinas no Estado de SP, sendo apenas 3 localizadas em municípios de pequeno porte, isto é, com população abaixo dos 100.000 habitantes. Por sua vez, mesmo apresentando menor geração de resíduos, conjuntamente, estes contribuem com um significativo percentual de geração de RCC, representando 87,90% do total de municípios do Estado de São Paulo (IBGE, 2010). Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo a realização de visitas técnicas embasadas no conteúdo da revisão bibliográfica com a proposição de projeto básico que resultou na apresentação de parâmetros técnicos e elaboração de custos para a realização de uma análise de viabilidade econômica sobre a implantação e operação de usinas de reciclagem de RCC classe A, em três estudos de caso definidos como municípios de pequeno porte, com faixa populacional entre 10 e 100 mil habitantes. O município de Severínia com produção de 3,70 t/h de agregados reciclados apresentou o projeto como inviável. Já os municípios de Monte Alto e Votuporanga, com produção de 6,50 t/h e 13 t/h, respectivamente, apresentaram-se como um investimento viável com o valor presente líquido positivo e recuperação de capital.

*Palavras-chave:* resíduos de construção civil, usinas de reciclagem, análise de viabilidade econômica.

NICOLAU, Maiara Fuzatti. **Estudo de viabilidade econômica com concepção de projeto de usina de reciclagem de RCC classe A para municípios de pequeno porte**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

**ECONOMIC FEASIBILITY STUDY WITH PROJECT DESIGN OF RECYCLING PLANT OF CW CLASS A FOR SMALL MUNICIPALITIES**

The construction industry is the main generator of waste in the economy. The CW can account for up to 70% of total urban solid waste produced (SINDUSCON, 2015), resulting in a concern for the waste of materials extracted from nature, with their illegal disposal and consequent increase in demand for landfill areas. The CONAMA Resolutions and NBR 15.114 (ABNT, 2004c) presented the guidelines for the correct destination of the residues and the development of the CW recycling activity as one of the ways to solve this problem. In addition, Marques Neto (2003) and Córdoba (2010) demonstrated that almost all CW, represented by Class A waste, can be recycled with the production of recycled aggregates. The development of the recycling of CW class A in Brazilian territory was verified in the research of Miranda, Angulo and Carelli (2009) with the identification of 24 units of plants in the State of São Paulo, with only 3 located in small municipalities, with population below 100.000. At the same time, even with lesser generation of waste, they together contribute a significant percentage of CW generation, representing 87.90% of the total municipalities of the State of São Paulo (IBGE, 2010). In this sense, this research had as objective the accomplishment of technical visits based on the content of the bibliographical revision with the proposal of basic project that resulted in the presentation of technical parameters and elaboration of costs for an economic feasibility analysis on the implantation and operation of recycling plants of CW class A, in three case studies defined as small municipalities, with a population range between 10 and 100 thousand inhabitants. The municipality of Severínia with production of 3.70 t / h of recycled aggregates presented the project as not feasible. The municipalities of Monte Alto and Votuporanga, with a production of 6.50 t / h and 13 t / h, respectively, presented as a viable investment with positive net present value and capital recovery.

*Key-words:* construction wastes, recycling plants, analysis of economic viability.

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 - Composição percentual dos RCC produzidos no município de São Carlos .....	27
Figura 2 - Fluxograma de destinação dos resíduos.....	29
Figura 3 - Usinas de reciclagem de RCC implantadas no Brasil até 2008.....	31
Figura 4 - Fluxograma de processos de usina de reciclagem de RCC segundo Coelho e Brito (2013). .....	45
Figura 5 - Fluxograma de processos de usina de reciclagem de RCC segundo Oliveira Neto et al. (2017).....	47
Figura 6 - Etapas da metodologia desenvolvidas na pesquisa.....	55
Figura 7 - Localização da usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto.....	73
Figura 8 - Planta de representação das instalações da usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto.....	74
Figura 9 - Portaria e estacionamento da usina de reciclagem de RCC de SJRP. ....	75
Figuras 10 e 11 - Edificação de apoio da usina de reciclagem de RCC de SJRP.....	75
Figuras 12 e 13 - Escritório e planta da usina de reciclagem de RCC de SJRP.....	76
Figura 14 - Equipamentos da usina de reciclagem de RCC de SJRP.....	76
Figuras 15 e 16 - Fábrica de artefatos de concreto da usina de reciclagem de RCC de SJRP. ....	77
Figuras 17 e 18 - Bica corrida e brita produzidas na fábrica da usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente. ....	77
Figuras 19, 20 e 21- Tubos, caixas de passagem, tampas e obstáculos de concreto produzidos na fábrica da usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente.....	78
Figuras 22, 23 e 24 - Guias, bancos e blocos de concreto produzidos na fábrica da usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente. ....	78
Figura 25 - Fluxograma do processo de produção da usina de reciclagem de RCC de SJRP..	79
Figura 26 - Entrada e verificação de carga na usina de reciclagem de RCC de SJRP. ....	79
Figura 27 - Pilhas para triagem inicial na usina de reciclagem de RCC de SJRP.....	80
Figura 28 - Pilha de rejeitos na usina de reciclagem de RCC de SJRP.....	80
Figura 29 - Equipamentos alimentador vibratório, esteira com eletroímã e britador de impacto, da usina de reciclagem de RCC de SJRP. ....	81
Figura 30 - Correia transportadora da usina de reciclagem de RCC de SJRP.....	82
Figura 31 - Peneira vibratória e baias de concreto da usina de reciclagem de RCC de SJRP. ....	82
Figura 32 - Local de passagem dos caminhões da usina de reciclagem de RCC de SJRP. ....	83
Figuras 33 e 34 - Vegetação perimetral da usina de reciclagem de RCC de SJRP.....	84
Figuras 35 e 36 - Área de vivência e placa informativa na usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente. ....	84
Figura 37 - Localização da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.....	86
Figura 38 - Planta de representação das instalações da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	86
Figuras 39 - Edificação de apoio da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.....	87
Figuras 40 - Oficina mecânica da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	87
Figura 41 - Equipamentos da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	88
Figuras 42 e 43 - Areia e brita produzidas na usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt, respectivamente. ....	88
Figura 44 - Planta esquemática da produção da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	89
Figuras 45 e 46 - Triagem e encaminhamento para processamento na usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	90
Figura 47 - Equipamento alimentador vibratório da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	91

Figura 48 - Esteiras transportadoras e britador de mandíbula da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	91
Figura 49 - Esteira transportadora e pilha de bica corrida da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	92
Figura 50 - Esteira transportadora e pilhas de brita da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt. ....	92
Figura 51 - Fluxograma geral de produção de uma usina de reciclagem de RCC. ....	94
Figura 52 - Projeto básico – planta de usina de reciclagem de RCC classe A. ....	95

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 - Participação dos RCC em relação aos RSU .....	22
Tabela 2 - Comparativo entre a capacidade de processamento e demanda necessária das usinas de RCC em municípios de SP até 2008. ....	32
Tabela 3 - Faixa populacional dos municípios do Estado de SP. ....	59
Tabela 4 - Geração de RCC para municípios com faixa populacional entre 10 e 20 mil habitantes. ....	60
Tabela 5 - Geração de RCC para municípios com faixa populacional entre 20 e 50 mil habitantes. ....	61
Tabela 6 - Geração de RCC para municípios com faixa populacional entre 50 e 100 mil habitantes. ....	62
Tabela 7 - Cálculo de área por geração de RCC. ....	97
Tabela 8 - Cálculo da produção de agregados reciclados para os estudos de caso .....	97
Tabela 9 - Cálculo da receita sobre o valor de venda dos AR. ....	98
Tabela 10 - Custos para aquisição do terreno para os estudos de caso .....	98
Tabela 11 - Custos de ferramentas, equipamentos e mobiliários. ....	100
Tabela 12 - Custos das edificações e obras civis. ....	102
Tabela 13 - Custos de Implantação para os estudos de caso. ....	102
Tabela 14 - Custo de mão de obra anual para as usinas dos estudos de caso. ....	104
Tabela 15 - Custo de consumo de energia elétrica para os estudos de caso. ....	105
Tabela 16 - Custo de consumo de diesel para os estudos de caso .....	106
Tabela 17 - Custo de consumo de água para os estudos de caso. ....	106
Tabela 18 - Custos de Operação anual para os estudos de caso. ....	107
Tabela 19 – Comparativo entre Custos de Operação X Custos de Implantação. ....	108
Tabela 20 - Resumo das análises de viabilidade aplicadas aos estudos de caso com 100% da capacidade .....	109
Tabela 21 - Resumo das análises de viabilidade aplicadas aos estudos de caso com 70% da capacidade .....	110

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 1 - Classificação dos resíduos e indicação correta de destinação conforme Resoluções CONAMA n° 307, 348, 431 e 469.....	23
Quadro 2 - Tipos de perdas.....	24
Quadro 3 - Possibilidades de reutilização de RCC nos canteiros de obras. ....	26
Quadro 4 - Situação das unidades de reciclagem de RCC instaladas no Estado de São Paulo até 2008. ....	32
Quadro 5 - Exigências da NBR 15.114 para a instalação de área de reciclagem de RCC .....	38
Quadro 6 - Processo de reciclagem de resíduos e operações secundárias.....	43
Quadro 7 - Detalhes funcionais dos equipamentos .....	46
Quadro 8 - Descrição de etapas e equipamentos envolvidos numa usina de reciclagem de RCC .....	49
Quadro 9 - Premissas para calcular o custo unitário de implantação de uma usina de reciclagem de RCC.....	52
Quadro 10 – Instrumento base utilizado para levantamento de dados nas visitas técnicas.....	57
Quadro 11 - Comparação entre as usinas de reciclagem de RCC de SJRP e Bady Bassitt.....	93
Quadro 12 - Comparativo de áreas de usinas de RCC propostas em pesquisas.....	96
Quadro 13 - Proposta de equipamentos e custo para a usina de reciclagem de RCC classe A.99	
Quadro 14 - Comparativo de edificações de apoio.....	101
Quadro 15 - Comparativo de funcionários de usinas de reciclagem de RCC instaladas.....	104
Quadro 16 - Consumo de energia elétrica dos equipamentos (kwh).....	105

## LISTA DE GRÁFICOS

---

Gráfico 1 - Comparativo entre as Porcentagens dos Custos de Implantação para os estudos de caso.....	103
Gráfico 2 - Comparativo entre as Porcentagens dos Custos de Operação para os estudos de caso.....	107

## LISTA DE EQUAÇÕES

---

Equação 1: Cálculo do valor futuro.....	69
Equação 2: Valor presente líquido. ....	70
Equação 3: Taxa interna de retorno.....	71
Equação 4: Expressão para cálculo dos custos de implantação.....	63
Equação 5: Expressão para cálculo dos custos de operação.....	65
Equação 6: Cálculo do consumo de energia.....	65

*LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS*

---

**ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**  
**AN – Agregado Natural**  
**AR – Agregado Reciclado**  
**CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**  
**CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente**  
**CTR – Controle de Transporte de Resíduos**  
**IBC – Índice Benefício Custo**  
**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas**  
**NBR – Norma Brasileira**  
**PGRCC – Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil**  
**PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos**  
**RCC – Resíduos da Construção Civil**  
**RSU – Resíduos Sólidos Urbanos**  
**SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**  
**SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil**  
**SJRP – São José do Rio Preto**  
**t - toneladas**  
**TIR – Taxa Interna de Retorno**  
**TMA – Taxa Mínima de Atratividade**  
**VPL – Valor Presente Líquido**

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>18</b>
1.1.1 Principal.....	18
1.1.2 Específicos.....	19
<b>1.2 Justificativa .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Descrição dos capítulos .....</b>	<b>20</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Resíduos da construção civil.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Panorama geral sobre a reciclagem de RCC .....</b>	<b>30</b>
2.2.1 No Brasil.....	30
2.2.2 Contexto internacional.....	33
<b>2.3 usinas de reciclagem de rcc.....</b>	<b>37</b>
2.3.1 Instalação e operação de usinas de RCC .....	40
2.3.2 Processos e equipamentos para a produção de RCC .....	43
<b>2.4 Estudos sobre a viabilidade na implantação de usinas de RCC.....</b>	<b>50</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>55</b>
<b>3.1 Visitas técnicas .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2 Definição dos cenários para análise de instalação de uma usina de reciclagem de RCC.....</b>	<b>59</b>
3.2.1 Faixa populacional entre 10 e 20 mil habitantes .....	60
3.2.2 Faixa populacional entre 20 e 50 mil habitantes .....	61
3.2.3 Faixa populacional entre 50 e 100 mil habitantes .....	61
<b>3.3 Definição dos parâmetros e custos para implantação e operação de uma usina de reciclagem de RCC .....</b>	<b>62</b>
3.3.1 Custos de implantação .....	62
3.3.2 Custos de operação .....	65
3.3.3 Receita .....	67
3.3.4 Fatores econômicos envolvidos na análise de viabilidade .....	68
<b>3.4 Análise de investimentos .....</b>	<b>68</b>
3.4.1 Valor presente líquido .....	69
3.4.2 Taxa interna de retorno.....	70
3.4.3 Tempo de recuperação do capital descontado .....	71
3.4.4 Análise de sensibilidade .....	71
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
<b>4.1 Visitas técnicas .....</b>	<b>72</b>
4.1.1 Usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto.....	72
4.1.2 Usina de reciclagem de RCC em Bady Bassitt .....	85
4.1.3 Considerações sobre as visitas técnicas.....	93
<b>4.2 Definição da capacidade operacional e área para cada usina de reciclagem de RCC .....</b>	<b>96</b>
4.2.1 Valores de receita .....	97

<b>4.3 Cálculo dos custos para implantação e operação das usinas de reciclagem de RCC para os três estudos de caso .....</b>	<b>98</b>
4.3.1 Custos de implantação .....	98
4.3.2 Custos de operação .....	103
<b>4.4 Análise de viabilidade econômica.....</b>	<b>108</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>111</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>118</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das principais atividades geradoras de resíduos da economia, apresentando uma variação entre 300 a 500 kg/hab.dia com probabilidade de chegar a 1.300 kg/hab.dia (JOHN, 2001). Sua produção dentro o total de resíduos sólidos urbanos produzidos apresenta significativo percentual, variando entre 50% a 70%, em cidades do Estado de São Paulo (SINDUSCON, 2015).

A maioria das atividades desenvolvidas no setor resulta na geração de RCC, como a ausência na gestão do RCC nos canteiros de obras, a utilização de uma mão de obra sem nível técnico para atuação no setor, projetos com deficiência de otimização e detalhamentos executivos e o próprio consumo excessivo em superdimensionamentos das edificações, explica Marques Neto (2009).

A Resolução 307 do CONAMA (BRASIL, 2012) ressalta que os RCC classificados como classe A são aqueles que são reutilizáveis ou recicláveis como agregados, provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação, de edificações e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem, componentes cerâmico, argamassa e concreto. Estes resíduos, conforme Marques Neto (2003) e Córdoba (2010) verificaram, representam pouco mais de 80% do total de RCC gerados nas construções, ou seja, podem ser reaproveitados e direcionados para a reciclagem.

A implantação de uma usina de reciclagem de RCC proporciona benefícios econômicos e ambientais, como o reaproveitamento de resíduos de construção e demolição como forma eficaz e economicamente viável de reduzir o volume de resíduos depositados em aterros de reservação de resíduos classe A para usos futuros, prolongando assim a vida útil dos aterros existentes sem a necessidade de abrir novos locais de descarte, e a preservação dos recursos naturais, com a redução da demanda pela extração e processamento de novos agregados (TAM, V.W.Y.; KOTRAYOTHAR, D.; LOO, Y.C., 2009).

Apesar dessa preocupação com a geração e correta destinação dos RCC resultando na implementação da NBR 15.114 (ABNT, 2004c), que fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A, pesquisadores como Miranda, Ângulo e Carelli (2009) afirmaram que até 2008 podiam ser citadas apenas 47 usinas de reciclagem no Brasil. Sobre as usinas encontradas no Estado de SP, partindo desta mesma pesquisa, pode-se observar inicialmente que dos 24 municípios, apenas 3, caracterizados como de pequeno porte, com população abaixo dos

100.000 habitantes, contavam com uma unidade de usina de reciclagem de RCC, ou seja, cerca de 87% das usinas contabilizadas foram instaladas geralmente em municípios de médio a grande porte.

No panorama internacional sobre este assunto, pesquisas como, Tam e Tam (2006) em Hong Kong, Duran, Lenihan e O'Regan (2006) na Irlanda, Tam, Kotrayothar e Loo (2009), Zhao, Leefink e Rooter (2010) na China, dentre outros, destacaram as baixas taxas de reciclagem de RCC além do desinteresse público e privado pelo desenvolvimento dessa atividade. Para Zhao et al. (2010), o mercado de produtos reciclados para ser criado com sucesso depende do estabelecimento de centros de reciclagem, do preço, da qualidade e de normas de produção de reciclagem, bem como a aceitação por parte setor de construção.

Com essa necessidade de se fazer presente a atividade de reciclagem de RCC tanto no Brasil como internacionalmente, diversas pesquisas foram realizadas para avaliar a questão da viabilidade econômica de sua instalação como Moresco (2017), Sobral (2012), Esguícero (2010) e Nunes et al. (2007) dentre as pesquisas brasileiras e Tam e Tam (2006), Zhao et al. (2010) e Coelho e Brito (2013) dentre as pesquisas internacionais, em que são avaliados aspectos econômico-financeiros bem como aspectos técnicos para o desenvolvimento da atividade de reciclagem de RCC. Porém, vê-se que há certa dificuldade em encontrar estudos que detalham as atividades envolvidas no processamento desses resíduos e na própria organização espacial das poucas instalações existentes, ou que se tem conhecimento sobre. Além disso, verifica-se também a ausência sobre a preocupação em analisar essas instalações em demandas menores de geração de RCC, que individualmente são consideradas de pouco impacto, mas conjuntamente, apresentam impacto significativo.

## **1.1 Objetivos**

Os objetivos geral e específicos que nortearam o desenvolvimento dessa pesquisa são descritos a seguir.

### *1.1.1 Principal*

O objetivo geral deste estudo é analisar a viabilidade econômica da implantação e operação de instalações de usina de reciclagem de RCC classe A, com a proposição de projeto básico, aplicado em municípios de pequeno porte.

### 1.1.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Diagnosticar fatores relacionados à infraestrutura para a implantação e operação de unidades de reciclagem de RCC classe A;
- b) Propor diretrizes para o desenvolvimento de projeto básico de uma instalação de reciclagem de RCC classe A;
- c) Calcular custos de implantação e operação de reciclagem de RCC;
- d) Avaliar conceitos de análise financeira para a avaliação da viabilidade econômica das instalações de reciclagem de RCC classe A em determinados estudos de caso.

## 1.2 Justificativa

Este trabalho destaca as vantagens da implantação de instalações de reciclagem de RCC classe A. Além da obrigatoriedade da correta destinação dos resíduos conforme orientação da Resolução n° 307 do CONAMA (BRASIL, 2012) sabe-se dos benefícios resultantes da atividade de reciclagem de RCC, como a conservação e preservação ambiental, extensão da vida útil dos aterros de reservação, custo-benefício quanto ao uso de produtos reciclados, melhoria do estado ambiental geral em termos de energia e poluição, minimização do consumo de recursos naturais (ULUBEYLi et al. 2017).

A intenção deste trabalho não é detalhar as várias formas de utilização dos agregados reciclados provenientes de RCC classe A, e nem de informar sobre as propriedades físicas e técnicas quando da sua utilização. Mas, que há sim a possibilidade de aplicação dessa atividade e que essa prática deve ser, a cada dia, mais explorada garantindo um equilíbrio do processo construtivo.

O déficit de instalações desse tipo no Brasil verificado na pesquisa Miranda, Ângulo e Carelli (2009) principalmente em municípios de pequeno porte abaixo dos 100.000 habitantes, que no Estado de São Paulo representam 87,90% do total de municípios existentes (IBGE, 2017), sensibilizou a análise sobre a possibilidade de implantação de usinas de reciclagem de RCC classe A para atender a essa demanda.

Houve a intenção de estudar e detalhar os aspectos financeiros bem como as características técnicas envolvidas para a instalação e o desenvolvimento dessa atividade. A partir de pesquisas relacionadas a esta temática, complementando as informações para a

realização de análise de viabilidade econômica aplicada ao recorte de estudo verificado como potencial aplicável.

### **1.3 Descrição dos capítulos**

O capítulo 2 apresenta uma breve contextualização sobre a geração de RCC apresentando um panorama geral sobre a atividade de reciclagem de RCC no Brasil e no âmbito internacional. Além disso, apresenta informações sobre usinas de reciclagem de RCC relacionadas à sua implantação e operação, bem como os processos e equipamentos envolvidos durante o desenvolvimento da atividade. São apresentadas também neste mesmo capítulo algumas pesquisas que abordaram a temática sobre o estudo de viabilidade econômica aplicada às instalações de reciclagem, e os principais conceitos para a realização dessa análise.

O capítulo 3 apresenta a metodologia desenvolvida para a realização das visitas técnicas e a definição dos parâmetros técnicos e financeiros para a determinação dos custos a serem aplicados na análise de viabilidade.

O capítulo 4 apresenta a análise e discussão sobre as informações obtidas das visitas técnicas e os cálculos e custos utilizados com a aplicação da metodologia.

No capítulo 5 é apresentada a conclusão da pesquisa como resposta ao objetivo geral determinado, bem como, sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será apresentado um conceito geral sobre a geração de resíduos no Brasil, com a menção de regulamentos que classificam e determinam sua destinação final, bem como um panorama geral sobre estudos que analisaram a implantação de usinas de reciclagem tanto no âmbito brasileiro como mundial. Para este último, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em bancos de artigos, teses e dissertações, como o *Scopus*, *Web of Science* e a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), com a utilização de termos específicos que indicaram a existência de alguns estudos que serão neste capítulo apresentados.

Os termos e variações utilizadas na pesquisa de artigos foram “*construction waste and recycl\**”, “*recycling plant and construction and waste*”, que trouxeram como resultado, aproximadamente, um número de 300 publicações. Dentre elas, cerca de 5% apenas apresentaram a abordagem específica sobre usinas de reciclagem de RCC, todo o restante dos resultados eram pesquisas voltadas para a análise de geração de resíduos, avaliação de aplicação de agregados reciclados, implantação de programas de gestão e gerenciamento de resíduos, análise de propriedades físicas e químicas para a utilização de materiais reciclados na produção de concreto entre outros. O mesmo aconteceu com relação às temáticas encontradas na busca de teses e dissertações brasileiras, que com a busca pelo termo específico “usina de reciclagem” retornou um número bem menor de resultados, aproximadamente 70 pesquisas.

Por meio dos estudos encontrados, foi possível identificar as informações técnicas relevantes sobre a implantação e operação de uma unidade recicladora de resíduos de RCC, além de fatores econômicos envolvidos.

É apresentada também neste capítulo uma breve conceituação sobre as ferramentas que serão utilizadas para calcular a análise de viabilidade econômica das usinas de RCC, bem como para determinar se sua implantação no recorte proposto por esta pesquisa será viável dentro das variáveis também propostas.

### 2.1 Resíduos da construção civil

A indústria da construção civil é a principal geradora de resíduos da economia, e por isso apresenta impactos ambientais significativos durante sua produção, por exemplo, na extração da matéria prima, no processamento dos materiais, durante o processo construtivo,

uso e posterior demolição. A produção de RCC é considerável, pois apresenta uma variação entre 300 a 500 kg/hab.dia com probabilidade de chegar a 1.300 kg/hab.dia (JONH, 2001).

É importante destacar, de encontro a isso, que o Ministério do Meio Ambiente afirmou que a população urbana chegou a 86,5% em 2012 e a previsão é de 89,5% para 2020 e 91,1% em 2030, o que mostra a demanda cada vez maior para o avanço da urbanização e para o desenvolvimento de políticas públicas no país sendo grande o desafio para o planejamento no que diz respeito às questões socioambientais (MMA, 2011). O crescimento da urbanização está diretamente relacionado com a crescente na utilização dos recursos naturais acima da biocapacidade, que significa que a humanidade utiliza os recursos naturais mais rápido do que sua regeneração podendo causar a exaustão dos recursos e o colapso de ecossistemas, como destaca o próprio Ministério do Meio Ambiente (2011). Ou seja, para Dias (2011), a exploração do meio ambiente, que é um bem comum, em benefício privado se dá pela captação dos recursos naturais e contaminação constituindo custos externos, pois é como se o gerador tivesse repassando as consequências dos atos de sua empresa a terceiros; ele não assume sua responsabilidade e acaba por prejudicar a sociedade como um todo não pensando nos resultados de suas ações futuramente. No caso da construção civil, a impossibilidade de transformação dos materiais em sua totalidade em produto final gerando os resíduos é um problema ao meio ambiente. Ao assumir a responsabilidade e pensar num desafio para solucionar essa questão há duas hipóteses: realizar atividades que possibilitem a diminuição na geração desses resíduos ou definir tecnologias ao final do processo produtivo para reter essa geração de RCC.

Soma-se a isso o fato, dentre a produção de RSU, da parcela referente aos RCC que apresentam significativo percentual, variando entre 50% a 70%, em cidades do Estado de São Paulo, como mostra a tabela 1 abaixo:

**Tabela 1 - Participação dos RCC em relação aos RSU**

<b>Município</b>	<b>Geração diária</b>	<b>Participação em relação aos RSU</b>
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%

Fonte: Adaptado de Sinduscon-SP (2015).

Sobre esse percentual dos RCC em relação aos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, provenientes das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2012a), em 5 de julho de 2002 criou a Resolução nº 307, posteriormente complementada pelas Resoluções 348, de 16 de agosto de 2004, 431, de 25 de maio de 2011 e 469 de 30 de julho de 2015, com a necessidade de evitar a continuidade das atividades de deposição em locais inadequados resultando em degradação ambiental estabelecendo diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil com o intuito de responsabilizar seus geradores pela produção dos mesmos. As resoluções mencionadas definiram uma classificação dos resíduos, apresentada sinteticamente no quadro 1 com as indicações de destinação correta para os mesmos (SINDUSCON-SP, 2012a):

**Quadro 1 - Classificação dos resíduos e indicação correta de destinação conforme Resoluções CONAMA nº 307, 348, 431 e 469.**

<b>Classes</b>	<b>Características</b>	<b>Materiais</b>	<b>Destinação</b>
<b>A</b>	Reutilizáveis ou recicláveis	Cerâmicas, argamassas, concreto, pavimentos e solos.	Utilização como agregados ou encaminhamento para aterros Classe A, permitindo a utilização ou reciclagem futura.
<b>B</b>	Recicláveis para outras destinações	Plástico, papel, papelão, metais, vidros, madeiras embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.	Cooperativas, reciclagem, armazenamento temporário, permitindo a utilização ou reciclagem futura, ou retorno para as indústrias (logística reversa).
<b>C</b>	Não há tecnologias que permita sua reciclagem ou reutilização	Materiais mistos, espumas e etc.	Armazenados, transportados e destinados conforme normas técnicas específicas.
<b>D</b>	Perigosos	Tintas, solventes, óleos entre outros nocivos à saúde.	Armazenados, transportados e destinados conforme normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado de Brasil (2012a) e Sinduscon-SP (2012a).

Assim como as Resoluções CONAMA, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 2010 e o Decreto 7.404 de 2010, indica como ações prioritárias a não geração de resíduos, seguida pela redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e a disposição ambientalmente adequada. A PNRS também cita a política dos 3 Rs como eixo orientador sobre as práticas que envolvem o gerenciamento de resíduos, que são: reduzir, reutilizar e reciclar.

A construção civil é caracterizada pela heterogeneidade das etapas e dos agentes que atuam em seus processos, por isso favorece a ocorrência de falhas que resultam em consumos

adicionais de recursos em relação ao previsto. Estes consumos adicionais são chamados de perdas e podem ocorrer de diversas formas (PALIARI, 1999). Pode-se dizer que, a maioria das atividades desenvolvidas no setor resulta na geração de resíduos, e isso está relacionado ao alto índice de perdas, ainda que uma parcela fique parcialmente incorporada à obra, boa parte é desperdiçada.

O conceito de perdas na maioria das vezes é associado ao desperdício de materiais, mas é visto que qualquer ineficiência relacionada aos equipamentos, materiais e mão de obra gerando gastos para além dos necessários é considerada perda. O Sebrae (1996) apresentou algumas definições para os tipos de perdas, resumidos no quadro 2:

**Quadro 2 - Tipos de perdas**

<b>Tipo</b>	<b>Perdas</b>	<b>Caracterização</b>
Controle	Naturais ou inevitáveis	Aceitável devido seu investimento para redução ser maior do que a economia resultante.
	Evitáveis	Quando a ocorrência é mais cara do que sua prevenção.
Natureza	Superprodução	Produção em quantidade e qualidade maior do que a realmente necessária
	Substituição	Utilização de material de valor ou desempenho superior ao especificado.
	Espera	De acordo com o fluxo de produção em relação à mão de obra e equipamentos.
	Transporte	Manuseio do material, planejamento e layout do canteiro.
	Execução	Falta de procedimentos, ineficiência, inexperiência, falta de treinamentos e falhas de detalhamento de projetos.
	Estoque	Excesso pela falta de programação, erros de orçamento, falhas de cuidados e armazenamento.
	Movimento	Deficiências do planejamento, layout do canteiro e falta de equipamentos.
	Produtos defeituosos	Fora do padrão de qualidade, falta de compatibilização de projetos, planejamento e controle de produção falhos.
	Outros	Roubos, vandalismo e acidentes.
Origem	Origem	Relação quanto ao processo produtivo, quanto às atividades antecessoras como fabricação, projeto, suprimentos, planejamento, recursos humanos e etc.

Fonte: Adaptado de SEBRAE (1996).

Como pode ser visto, há diferentes tipos de perdas, mas são destacadas aqui aquelas relacionadas aos materiais. Em Souza (2005), a palavra perda é definida como toda a quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada no projeto e seus memoriais, ou demais especificações para o produto que está sendo executado. O autor classifica os tipos de perda como:

- Tipo de recurso consumido: físicos (materiais utilizados, equipamentos e mão de obra) ou financeiros (unidades monetárias, estritamente financeiras ou decorrentes de perdas de recursos físicos);

- Unidade para sua medição: massa, volume e unidades monetárias, porcentagem, dependendo do tipo de análise comparativa;
- Fase do empreendimento em que ocorrem: por exemplo, na concepção (superdimensionamento em termos de consumo de materiais), na produção da obra e na sua utilização (mau uso, falta de manutenção, manutenção inadequada, um projeto inadequado que gere ineficiência na proposta de uso gerando reformas e adaptações);
- Momento de incidência na produção: recebimento de materiais, estocagem, processamento intermediário, final, movimentações entre as etapas e todo o transporte;
- Natureza: furto de materiais e equipamentos, quantidade de material entregue menor do que a contratada, perda incorporada, entulho (geração dos resíduos);
- Forma de manifestação: sacos de cimento, cal, gesso, argamassa e etc. com peso inferior ao nominal; areia no caminhão recebida em quantidade menor que a indicada na nota fiscal; aço desbitolado; argamassa perdida com rasgos na embalagem; sacos de cimento empedrados; areia perdida pela chuva; consumo de cimento na dosagem superior ao estabelecido no traço; pontas de aço não aproveitáveis; argamassa endurecida ao pé da parede revestida; gesso endurecido na caixa do gesso; viga mais larga que o especificado no projeto; revestimento com espessura superior ao projeto e etc.;
- Causa: a identificação da forma de manifestação e o entendimento de sua ocorrência é importante passo para tentar evitar que elas continuem;
- Origem: as causas se relacionam às razões imediatas para a sua ocorrência, porém é interessante identificar as origens primárias, como por exemplo, a quebra de tijolos é uma causa da perda de material e sua origem se dá pelo fato de não existir um projeto de modulação de alvenaria que especificasse os tipos de blocos, suas dimensões, quantidades e espessura ideais para o projeto a ser construído;
- Controle: depende do nível de tecnologia empregada, a capacitação do pessoal, o padrão de obra a ser executado e define se a perda é inevitável ou evitável, sendo também denominada de desperdício. Na maioria das vezes esta é a manifestação comum e é evitável com a proposta de ações simples, de melhoria da gestão da produção e de melhoramentos de projeto.

Marques Neto (2009) destaca diversos fatores relacionados ao processo de construção civil que estão relacionados com a geração dos resíduos, como a ausência na gestão nos canteiros de obras, a utilização de uma mão de obra sem nível técnico para atuação no setor, projetos com deficiência de otimização e detalhamentos executivos e o próprio consumo excessivo em superdimensionamentos das edificações. Com a implantação de planos de

gerenciamento de resíduos em canteiros de obras poderia ocorrer a diminuição na geração do volume de resíduos como tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e etc., também denominados de entulhos.

Para reduzir a quantidade de resíduos produzida nas atividades construtivas, deve-se promover o reaproveitamento dos resíduos, fazendo-os retornar na forma de novos materiais evitando a exploração das matérias primas do meio ambiente, e a reciclagem, quando a primeira ação não é possível, reduzindo consideravelmente a quantidade de resíduos nos aterros, gastos com transporte e as respectivas consequências para as cidades. A segregação logo no início da geração e o acondicionamento adequado com sua identificação evita as contaminações entre os resíduos gerados. A identificação de fornecedores que contribuem com o desenvolvimento de soluções voltadas para a reutilização de resíduos também é uma forma de gestão (SINDUSCON, 2012a). O quadro 3 indica a variedade de possibilidades de reaproveitamento de materiais como, por exemplo, resíduos de demolição como base para instalações provisórias, pedaços de revestimento cerâmico para revestimento do canteiro, reutilização de madeira para outras funções e etc., que possibilitam a utilização dentro dos processos no próprio canteiro.

**Quadro 3 - Possibilidades de reutilização de RCC nos canteiros de obras.**

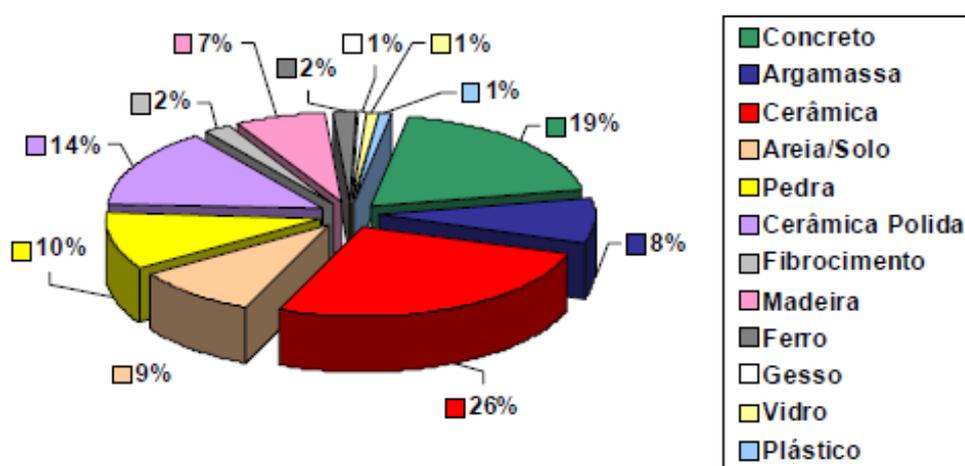
<b>Resíduo</b>	<b>Reutilização no canteiro</b>
Revestimentos de parede ou pavimentação das construções pré-existentes (demolições)	Base para instalações provisórias, pavimentação e revestimentos.
Pedaços de revestimentos cerâmicos	Revestimento em mosaico, revestimento de instalações provisórias.
Rochas de escavações	Pedras decorativas do paisagismo, muros de arrimo.
Louças, metais, esquadrias e telhas	Reaproveitamento em instalações provisórias ou construção nova
Resíduos classe A provenientes de demolições	Enchimento de valas e aterros sem necessidade de controle tecnológico rigoroso.
Resíduos classe B de embalagens	Reaproveitamento para novos acondicionamentos quando não houver riscos de contaminação ou alteração do material acondicionado.
Resíduos classe B - metal e madeira	Confecções de placas de sinalização, construções provisórias para estoque de materiais ou baias de resíduos.
Escoramento e andaimes	Reaproveitáveis durante toda a obra.
Solos	Reaterros.
RCC classe A - concretos, pedras, cerâmicas, argamassas	Britagem para produção de agregados reciclados para serem utilizados como novos materiais.
Madeiramento	Reutilização para novas funções como sinalizações, caixas e etc.

Fonte: Adaptado de Sinduscon-SP (2012a).

A implantação da Resolução CONAMA, mencionada anteriormente, destacou também a preocupação dos problemas ambientais relacionados com os RCC, impondo diretrizes para a gestão e gerenciamento de sua produção no território brasileiro. Quando da não possibilidade

desta, deve-se avaliar a alteração de comportamento nas diversas frentes de trabalho, à construção de parcerias com os diversos fornecedores, diminuindo e quem sabe extinguindo a disposição irresponsável em bota fora, por meio da destinação compromissada dos resíduos triados, para que a responsabilidade com o ambiente seja de fato efetiva. Assim, não sendo possível a atuação de forma a reduzir a produção de RCC e sua geração o próximo passo é a reciclagem.

No 3º Artigo da Resolução 307 do CONAMA, vale ressaltar que os resíduos da construção civil são classificados como classe A aqueles que são reutilizáveis ou recicláveis como agregados, provenientes de: construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, guias etc.) produzidas nos canteiros de obras. Em pesquisas como Marques Neto (2003) que caracterizou qualitativamente os RCC no município de São Carlos, esses resíduos definidos como recicláveis são da ordem de aproximadamente 86% como mostra a figura 1:



**Figura 1 - Composição percentual dos RCC produzidos no município de São Carlos**  
Fonte: Marques Neto (2003).

A predominância dos resíduos classe A sobre os RCC resultam da realização de atividades que geram perdas e desperdícios como concretagem, alvenarias, revestimentos, nas quais são utilizados principalmente materiais básicos e produtos cerâmicos (MARQUES NETO, 2005). Outra pesquisa, de Córdoba (2010), que também fez uma estimativa percentual da composição volumétrica dos RCC gerados no município de São Carlos-SP, apresentou uma porcentagem próxima para os resíduos que podem ser reciclados. Constatou a

porcentagem de 81,80% dos RCC pertencentes à classe A, 17,10% classificados como resíduos da classe B, 0,4% como resíduos classe C, classe D com porcentagem nula, restando outros resíduos compostos por rejeitos.

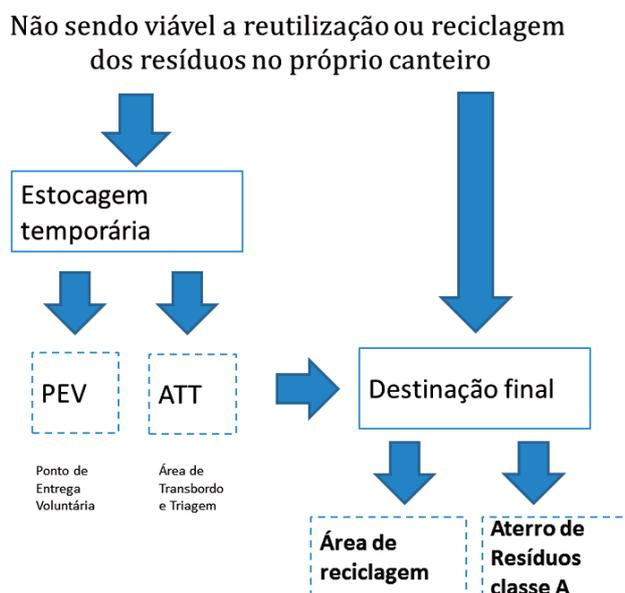
O Manual do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012b), apresentou que em média, em cerca de 80% dos resíduos da construção civil são predominantes esses materiais trituráveis como restos de alvenarias, argamassas, concretos e asfalto, além do solo, todos classificados como Classe A, tendo possibilidade de reutilização e reciclagem. No restante da composição, quase os 20%, ainda aparecem os materiais que podem ser reciclados, como embalagens em geral, tubos, fiação, metais, madeira e gesso, fazendo parte da classificação Classe B. A menor parcela dos RCC são os resíduos que ainda não apresentam tecnologias desenvolvidas ou aplicações viáveis para sua reciclagem e/ou recuperação e os resíduos perigosos como óleos, graxas, impermeabilizantes, solventes, tintas e etc.

John (2000) afirmou que a reciclagem de resíduos é uma forma de aumentar a sustentabilidade da economia. Os pontos positivos são: a preservação dos recursos naturais, economia de energia, redução do volume de aterros, redução da poluição, geração de empregos, redução do custo de controle ambiental pelas indústrias, aumento da durabilidade e, a economia de divisas. A reciclagem é uma forma do setor construtivo reduzir seu significativo impacto ambiental. Ou seja, isso tudo é possível já que quase 100% dos RCC gerados podem ser reaproveitados ou reciclados como mostraram as pesquisas citadas anteriormente.

A NBR 15115 (ABNT, 2004d) define que um agregado reciclado é obtido pelos procedimentos de britagem ou beneficiamento mecânico de resíduos da construção civil. A mesma norma define que esse material pode ser utilizado como camada de reforço do subleito, sub-base e base para pavimento definindo as características técnicas que o mesmo deve apresentar para ser utilizado. Há também a norma NBR 15116 (ABNT, 2004e) que destina a utilização de agregados reciclados para obras de pavimentação viária em camadas de reforço de subleito, sub-base e de pavimentação ou revestimento primário de vias não pavimentadas e também para preparo de concreto sem função estrutural na utilização em enchimentos, contrapiso, calçadas e fabricação de artefatos não estruturais como blocos de vedação, guias, sarjetas, canaletas, mourões e placas de muro. Determina também a classificação do agregado reciclado de acordo com sua composição, sendo aqueles na sua fração graúda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas, classificado como agregado de resíduos de concreto (ARC); e aquele que em sua

composição gráuda apresenta menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas como sendo agregado de resíduo misto (ARM).

No próprio canteiro de obras, para sua reutilização e reciclagem, os resíduos do tipo classe A devem ser armazenados em pilhas próximas aos locais de geração, nos pavimentos por exemplo. São transportados internamente por carrinhos ou giricas para deslocamento horizontal e condutores de entulho, elevadores de carga ou grua para transporte vertical. O acondicionamento final preferencialmente é em caçambas estacionárias que são posteriormente removidas por caminhões com equipamento poliguindaste ou com caçamba basculante, cobertos com lona (SINDUSCON-SP, 2005). A figura 2 apresenta um fluxograma da sequência dessa destinação.



**Figura 2 - Fluxograma de destinação dos resíduos.**  
Fonte: Sinduscon-SP (2012a).

Quando não há um uso urbano para o material, o mesmo deve ser reservado, nos designados aterros de resíduos da construção civil, de forma segregada, garantindo reservas de materiais recicláveis, de boa qualidade, evitando a acelerada exploração de jazidas em ambientes naturais importantes e também evitando o transporte de agregados naturais por longas distâncias para recuperação (PINTO, 2004). Esses locais são devidamente licenciados pelo órgão ambiental competente.

Para incentivar o uso de materiais reciclados os autores Tam, Kotrayothar e Loo (2009), Ulubeyli et al. (2017) e Oliveira Neto et al. (2017), em suas pesquisas, destacaram a importância de alguns fatores:

- Deve haver recomendações e especificações para materiais reciclados, fornecidas pelos governos locais ou conselhos para promover seu uso. Especificações detalhadas também devem ser desenvolvidas, incluindo as propriedades do material e suas aplicações apropriadas para aumentar a confiança em sua utilização. Materiais reciclados devem ser promovidos como materiais secundários em construções estruturais;
- Como diferentes fontes de suprimento causam variação na qualidade, são necessários controles de qualidade mais rigorosos de materiais reciclados. A autoridade local deve ser estabelecida para controlar a qualidade e a produção desses materiais;
- Introdução de incentivos financeiros para reduzir o descarte de resíduos nos aterros, como por exemplo a utilização de uma taxa que reflete os custos ambientais e sociais da deposição em aterros. O produto dessa taxa poderia ser gasto para melhorar as iniciativas de gerenciamento de resíduos de construção e demolição e de minimização de resíduos;
- Os operadores de aterros devem introduzir um regime de tarifação diferenciada para incentivar a separação da fonte dos resíduos de construção e demolição;
- Fornecer metas de reciclagem de qualidade a longo prazo na fase inicial do projeto - por exemplo, planejamento inicial do local, coleta seletiva e reciclagem de materiais no local.

## **2.2 Panorama geral sobre a reciclagem de RCC**

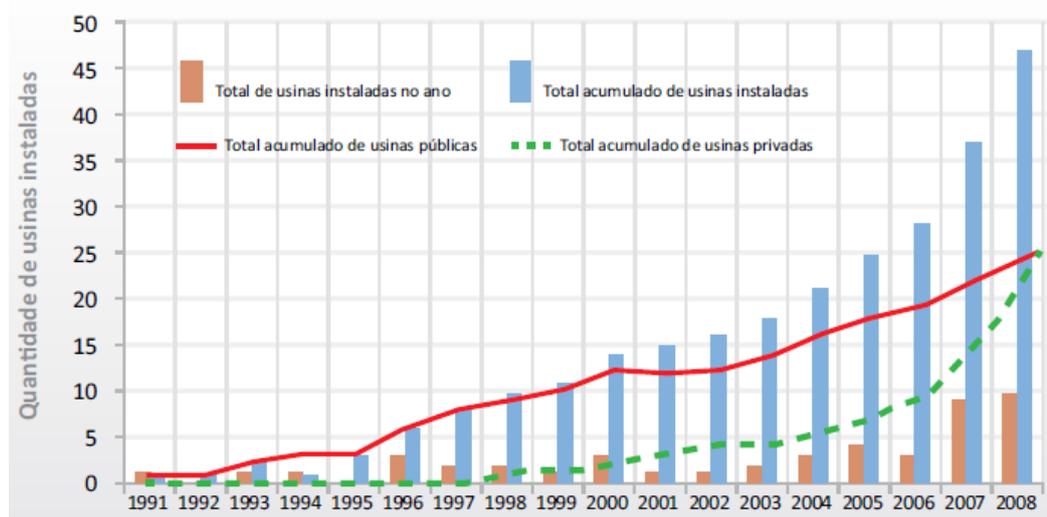
### *2.2.1 No Brasil*

Pinto (1999) destacou que a utilização de equipamentos de grande porte em usinas de reciclagem ocorreu a partir de 1991 com o surgimento dos planos de gestão de resíduos de construção e demolição e, em outros casos, como uma implantação desordenada e sem planejamento.

Ainda segundo o autor, considerando a capacidade nominal das usinas brasileiras citadas estima-se que 3,6% do RCC produzidos no Brasil, àquela época, estariam sendo reciclados, podendo chegar a 4,5% caso nenhuma usina tivesse sido desativada, caracterizando uma produção extremamente baixa considerando que a geração de resíduos no país não tenha sido alterada tendo como base a média de 500 kg/hab.ano (PINTO, 1999).

Miranda, Ângulo e Carelli (2009) afirmaram que as primeiras usinas de reciclagem instaladas no Brasil foram as de São Paulo em 1991, Londrina em 1993 e Belo Horizonte em 1994, e entre 1999 e 2005 mais algumas cidades resolveram implantar planos de gerenciamento de resíduos como Piracicaba, Santo André e Campinas. Até 2008, segundo os

pesquisadores podiam ser citadas 47 usinas de reciclagem, sendo 24 públicas e 23 privadas. Um gráfico com o histórico de usinas de reciclagem implantadas no Brasil, dessa pesquisa, é apresentado na figura 3, mas é possível identificar de imediato que a maior iniciativa era pública e foi dando lugar para as usinas de caráter privado, mesmo assim ainda em quantidade bem reduzida para a demanda existente.



**Figura 3 - Usinas de reciclagem de RCC implantadas no Brasil até 2008.**

Fonte: Miranda et al.(2008) apud Sinduscon-SP (2015).

No quadro 4, partindo desse mesmo estudo sobre a existência de usinas de reciclagem até a data de 2008, são apresentadas as usinas localizadas dentro do estado de São Paulo. Essas usinas de reciclagem de resíduos classe A demonstram a ligação da existência das mesmas com o fato das respectivas cidades contarem com um plano de gerenciamento de resíduos.

Fazendo uma análise sobre a capacidade dessas usinas para verificar o atendimento quanto à geração de resíduos dos respectivos municípios, foi calculada a capacidade de processamento mensal a partir dos valores apresentados no quadro 4, considerando o funcionamento durante 8 horas/dia e 20 dias/mês. Para o cálculo da demanda foram consultados os números populacionais de cada município de acordo com o Censo de 2010 (IBGE, 2010) relacionando com a taxa de geração per capita disponibilizada por Pinto (1999) que é de 500 Kg/hab.ano. Os valores obtidos são apresentados na tabela 2.

Nesta tabela 2, pode-se observar inicialmente que dos 22 municípios do estado de SP, que contavam com uma unidade de usina de reciclagem de RCC, apenas 3 são caracterizados como de pequeno porte, com população abaixo dos 100.000 habitantes, Socorro, Vinhedo e Paulínia, ou seja, cerca de 86% das usinas contabilizadas foram instaladas geralmente em municípios de médio a grande porte.

**Quadro 4 - Situação das unidades de reciclagem de RCC instaladas no Estado de São Paulo até 2008.**

Cidade	Propriedade	Instalação	Capacidade (t/h)	Situação
São Paulo	Prefeitura	1991	100	Desativada
Ribeirão Preto	Prefeitura	1996	30	Operando
Piracicaba	Autarquia/Emdhap	1996	15	Operando
São José dos Campos	Prefeitura	1997	30	Desativada
São Paulo	ATT Base	1998	15	Desativada
Socorro	Irmãos Preto	2000	3	Operando
Guarulhos	Prefeitura/Proguaru	2000	15	Operando
Vinhedo	Prefeitura	2000	15	Operando
Ribeirão Pires	Prefeitura	2003	15	Desativada
Jundiaí	SMR	2004	20	Operando
Campinas	Prefeitura	2004	70	Operando
São B. do Campo	Urbem	2005	50	Operando
São B. do Campo	Ecoforte	2005	70	Desativada
São José do Rio Preto	Prefeitura	2005	30	Operando
São Carlos	Prefeitura/Prohab	2005	20	Operando
Taboão da Serra	Estação Ecologia	2006	20	Operando
Caraguatatuba	JC	2007	15	Operando
Limeira	RL Reciclagem	2007	35	Operando
Americana	Cemara	2007	25	Operando
Piracicaba	Autarquia/Semae	2007	20	Operando
Osasco	Inst. Nova Agora	2007	25	Instalando
São J. dos Campos	RCC Ambiental	2008	70	Operando
Paulínia	Estre Ambiental	2008	100	Operando
Guarulhos	Henfer	2008	30	Instalando
Barretos	Prefeitura	2008	25	Instalando
São J. dos Campos	Julix - Enterpa	2008	25	Instalando
Itaquaquecetuba	Entrec Ambiental	2008	40	Instalando

Fonte: Adaptado de Miranda, Ângulo e Carelli (2009).

**Tabela 2 - Comparativo entre a capacidade de processamento e demanda necessária das usinas de RCC em municípios de SP até 2008.**

Cidade	Capacidades t/h x 8h x 20/mês	Número populacional Censo de 2010	Demanda necessária (t) - 500 kg/hab.ano
Ribeirão Preto	30= 240 = 4.800	604.682	25.195,08
Piracicaba	5.600	364.571	15.190,46
Socorro	480	36.686	1.528,58
Guarulhos	5.600	1.221.979	50.915,79
Vinhedo	2.400	63.611	2.650,46
Jundiaí	3.200	370.126	15.421,92
Campinas	11.200	1.080.113	45.004,71
São B. do Campo	8.000	765.763	31.906,79
São José do Rio Preto	4.800	408.258	17.010,75
São Carlos	3.200	221.950	9.247,92
Taboão da Serra	3.200	244.528	10.188,67
Caraguatatuba	2.400	100.840	4.201,67
Limeira	5.600	276.022	11.500,92
Americana	4.000	210.638	8.776,58
Osasco	4.000	666.740	27.780,83
São J. dos Campos	11.200	629.921	52.493,42
Paulínia	16.000	82.146	3.422,75
Barretos	4.800	112.101	4.670,88
Itaquaquecetuba	6.400	321.770	13.407,08

Fonte: Autor (2018).

Outra verificação é que duas únicas situações em que a capacidade de processamento foi maior que a demanda necessária ocorreu nos municípios de Paulínia e Barretos, e uma única situação em que a demanda foi praticamente atendida pela capacidade da usina foi no município de Vinhedo. É verificado, então, que além de poucas instalações existentes no Estado de SP, elas operam abaixo da demanda necessária para suprir a geração de RCC produzidos nos municípios.

Um levantamento das usinas de reciclagem brasileiras realizado pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (ABRECON, 2015), por meio de questionários, verificou que as usinas vêm trabalhando em média na faixa de 20% a 45% de sua capacidade máxima, além disso, algumas usinas são móveis e não apresentam operação constante na produção de agregados reciclados, outro fator que preocupa sobre a baixa operacionalidade das instalações.

Segundo Nunes et al. (2007), os centros de reciclagem operando abaixo de suas capacidades acabam por perder a oportunidade de reduzir seus custos de produção. As principais razões para essa baixa utilização são os cortes nos orçamentos municipais, baixa demanda por produtos reciclados, falhas de manutenção, roubo de equipamentos, vandalismo de instalações e problemas com as comunidades locais. Para os municípios, as receitas e economias mais significativas dos centros de reciclagem são provenientes da venda dos produtos processados, economia na aquisição de materiais e economia na disposição e transporte de RCC.

### *2.2.2 Contexto internacional*

Em Hong Kong, Tam e Tam (2006), a partir de levantamentos, verificaram que a maioria dos materiais de reciclagem na cidade eram metais ferrosos e não-ferrosos, 19,92% e 22,31%, respectivamente; papel, plástico e produtos de informática também considerados para reciclagem apresentaram 17,93%, 15,14% e 11,16%, respectivamente. Já os RCC não eram considerados por cerca da metade das empresas de reciclagem com 45,74% como justificativa de que o controle de impurezas e, portanto, a necessidade de separação seria a principal dificuldade. Com isso, percebe-se que o mercado de reciclagem de Hong Kong é restrito aos materiais que têm um alto valor de venda; outros materiais não lucrativos, mas recicláveis, não estão sendo considerados. Alguns dos materiais classificados, mas sem fins lucrativos, ainda são enviados para áreas de despejo.

Na Irlanda, conforme verificado em Duran, Lenihan e O'Regan (2006) a baixa cobrança sobre o descarte de RCC em aterros, conjuntamente com o baixo custo para aquisição dos agregados naturais, tornava impossível a ocorrência de um nível sustentado de reciclagem. Os geradores descartavam a maior parte de seus resíduos em aterros, já que era válida a compra e a utilização dos agregados de origem primária, e a sociedade, no entanto, sofria com os custos ambientais decorrentes da eliminação de resíduos e da extração de agregados. Para garantir a valorização da reciclagem projetos impostos pelo governo como o aumento da taxa cobrada em aterros resultou em aumento significativo de 85% na reciclagem dos resíduos. Mesmo assim, não conseguiu aumentar a preferência pela compra de agregados reciclados em detrimento dos agregados naturais. Nesse sentido, viu-se a necessidade de elaboração de um documento de orientação para geradores e compradores desse tipo de agregado que estabelecesse o processo de controle para garantir que o produto fosse totalmente recuperado e que fornecesse padrões comuns de qualidade agregada. A minimização de custos é, portanto, um fator chave e pode levar à criação de mercados de RCC se os requisitos de qualidade para o agregado reciclado forem atendidos.

Tam, Kotrayothar e Loo (2009), em uma pesquisa realizada na Austrália, constataram que menos de 42% dos resíduos de construção e demolição gerados eram reciclados ou reutilizados, devido à falta de regulamentos obrigando a reciclagem deste material e pouco ou nenhum incentivo ou promoções pelos conselhos regionais para incentivar a reciclagem voluntária.

Na China, a reciclagem não possui um potencial atrativo para transformar os resíduos em materiais de construção reciclados. A coleta não organizada e a posterior classificação pelos catadores de resíduos é um obstáculo para as empresas de construção que provocam um desperdício urbano de RCC da escala de 30% a 40% da geração total de resíduos urbanos por causa das grandes atividades de construção e demolição resultantes da urbanização acelerada e reconstrução da cidade, afirmam Zhao, Leefink e Rooter (2010). A enorme quantidade de RCC não é apenas um desafio contínuo para o tratamento, mas também uma oportunidade para atender uma enorme demanda potencial de materiais de construção reciclados.

A indústria espanhola de reciclagem de RCC é bastante nova em comparação com outros países, como a Holanda e a Alemanha (RODRÍGUEZ et al., 2015), cuja tradição de reciclagem pode ser atribuída a certas características como a falta de recursos naturais, legislação específica, apoio institucional, conscientização social, que incentivam, direta ou indiretamente, a atividade de reciclagem. Os principais motivos da baixa taxa de reciclagem da Espanha, cerca de 14% apenas sobre os RCC gerados, incluem: escassez de usinas de

reciclagem especializadas; baixa demanda por materiais reciclados; abundância de recursos naturais; falta de controle de aterros não autorizados; e grandes diferenças inter-regionais nos impostos sobre o descarte de resíduos. As empresas de reciclagem podem ou não estar afiliadas a um grupo empresarial, são estacionárias, operando a partir de um local permanente, embora possam ter equipamentos móveis. Apresentam administração privada com uma intervenção do governo somente voltada para inspeções ambientais.

Ao contrário, onde a indústria e o mercado de reciclagem foram bem estabelecidos, a maioria dos RCC gerados atualmente na China ainda são diretamente transportados para aterros ao invés de serem reutilizados ou reciclados efetivamente, é o que confirma Jin et al. (2017) em sua pesquisa. No entanto, políticas e diretrizes governamentais estão sendo desenvolvidas para incentivar a reciclagem de RCC na China. Mesmo assim, observou-se que a taxa média cobrada de entrada nos aterros de resíduos sólidos na China é significativamente menor que a de qualquer outro país ou região desenvolvida. Isso pode explicar parcialmente a baixa porcentagem de reciclagem, aproximadamente 5% dos RCC na China, enquanto a mesma taxa em países ou regiões desenvolvidas seria próxima ou superior a 60% (JIN et al., 2017).

Na Turquia, como apresenta Ulubeyli et al. (2017) existem apenas três instalações em diferentes cidades, sendo utilizadas dois tipos de plantas de reciclagem: estacionárias e móveis. As plantas estacionárias com capacidades de 100 a 350 ton/h geralmente adotam tecnologias de nível superior com equipamento de classificação para a separação de frações indesejadas, capaz de produzir com eficiência e qualidade devido à produção de diferentes produtos reciclados de várias classificações. No entanto, o investimento inicial da instalação de tal planta pode ser excessivo. As plantas móveis com capacidade para até 100 t/h tratam pequenas quantidades de RCC em construções temporárias, implementando tecnologias básicas e produzindo agregados de baixa qualidade por meio de reciclagem no local.

Para Oliveira Neto (2017) a legislação tem um papel importante na reciclagem de RCC nos países europeus, sendo que os mesmos estabeleceram um objetivo de alcançar um nível de 70% para a recuperação de RCC gerados até o ano de 2020. Por isso, foram elaborados regulamentos que obrigaram ainda mais investimentos em pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias de classificação de RCC cada vez mais eficiente para gerar produtos reciclados com usos na fabricação de materiais de construção. No entanto, as estatísticas da UE a partir de 2011 mostraram que o nível de reciclagem e recuperação de materiais varia muito, entre menos de 10% e mais de 40% em toda a União. Por exemplo, em 2012, a taxa de reciclagem atingiu 95,5% na Alemanha e o objetivo principal das partes

envolvidas era manter essa taxa no futuro. Na Dinamarca, o objetivo geral é de obter uma melhor qualidade do agregado reciclado e, ao mesmo tempo, manter uma alta taxa de reciclagem. Ao contrário, na França, a gestão dos RCC é um problema emergente, muito dinâmico em termos de inovação, mas que sofre com a falta de incentivo político e interesse do mercado em geral e que também depende muito sobre logística, condições de custo e política fiscal (OLIVEIRA NETO, R. et al, 2017).

A demanda real de produção reciclada não é tão alta como a demanda potencial em caso de ausência de consciência ambiental, tecnologia de reciclagem e garantia de qualidade de materiais reciclados, especialmente para agregados reciclados de concreto como parte principal da demanda. O mercado de produtos reciclados para ser criado com sucesso dependerá do estabelecimento de centros de reciclagem, preço, qualidade e normas de produção de reciclagem, bem como a aceitação do setor de construção (ZHAO, W.; LEEFTINK, R.B.; ROTTER, V.S., 2010).

No âmbito internacional, ao analisar algumas pesquisas, pode-se observar que algumas situações estão próximas da situação brasileira, e que a implementação da atividade de reciclagem de RCC como um todo é um problema comum para muitos países. As dificuldades para o desenvolvimento da atividade de reciclagem, que foram compartilhadas entre Tam e Tam (2006), Tam e Kotrayothar (2009), Jin et al. (2017) e Ulubeyli (2017), são mostradas a seguir:

a) A indústria da construção civil carece de consciência ambiental, incluindo separação e classificação de vários tipos de materiais RCC, bem como consideram a atividade de gestão ambiental como não lucrativa;

b) As regulamentações e legislações relacionadas a questões ambientais ainda não são eficazes devido à falta de fiscalização;

c) O mercado de reciclagem carece de uma parte coordenadora central. Algumas das organizações de construção encontraram dificuldades em encontrar recicladores adequados e receberam vários tipos de materiais de construção;

d) Num mercado de reciclagem imaturo, é difícil arcar com os altos custos de investimento em instalações, equipamentos, terras e mão-de-obra;

e) O espaço limitado no local, em alguns casos, dificulta a triagem e separação de RCC;

f) A oferta e a demanda desequilibradas de produtos, com relação à dificuldade em demandar a saída dos produtos reciclados devido à insegurança com relação à qualidade dos

materiais reciclados, e a falta de padrões na produção e de tecnologias de reutilização e reciclagem estabelecidas;

g) Distância entre locais de demolição e construção na cidade para a usina de reciclagem. Como resultado, custos de transporte mais altos que acarretam no aumento do custo de produção, tanto econômico quanto social, de agregado reciclado;

h) O alto custo da terra dificulta a instalação da indústria de reciclagem, que tem uma margem de lucro muito pequena, por isso, o apoio do governo no fornecimento de terras para usinas de reciclagem deve ser estabelecido;

i) As taxas de depósito de aterros para descarte de RCC mostrando o pouco incentivo para reciclar resíduos ao invés de descartá-los;

j) Falta de experiência na aplicação de métodos adequados de reciclagem de materiais para aplicações na construção.

### **2.3 Usinas de reciclagem de RCC**

Segundo a NBR 15112 (ABNT, 2004a) as áreas de transbordo e triagem (ATT) são áreas para destinação e recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para que haja triagem e armazenamento temporário dos materiais segregados, quando possível sua transformação e depois a remoção para destinos adequados, para não causar danos à saúde e ao meio ambiente. Os resíduos de classe A devem ser destinados à reutilização ou reciclagem na forma de agregados ou encaminhados a aterros; resíduos de classe B devem ser destinados à reutilização, reciclagem e armazenamento ou encaminhados para áreas de disposição final; resíduos de classe C devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas específicas; e resíduos de classe D devem ser armazenados em áreas cobertas, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com normas específicas.

A norma NBR 15113 (ABNT, 2004b) define como área de aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes áreas em que são empregadas técnicas de disposição de resíduos classificados como tipo A e resíduos inertes no solo, visando a reservação de materiais segregados possibilitando seu uso futuro confinando-os ao menor volume possível, sem danos à saúde pública e ao meio ambiente. Isso quer dizer, segregação dos solos, resíduos de concreto e alvenaria, resíduos de pavimentos viários asfálticos e os resíduos inertes e caso há interesse, pode ser feita uma segregação por subtipos.

Todas essas informações sobre a implantação de ATTs e aterros foram apresentadas, pois muitas vezes as usinas de reciclagem são instaladas próximas a esses locais, ou simplesmente englobam os três tipos de instalação, em escala menor, no mesmo local. Isso se dá ao fato de que os custos com transporte estão cada vez mais elevados devido às distâncias, das dificuldades de mobilidade das grandes cidades que acaba demonstrando que a reciclagem *in loco* pode ser uma boa alternativa (REGGIO, A.; TOSHIHIKO, O., 2008).

Para a instalação de uma área de reciclagem de RCC classe A devem ser seguidas as exigências da NBR 15.114 (ABNT, 2004c) que aborda os critérios apresentados e sintetizados no quadro 5 a seguir:

**Quadro 5 - Exigências da NBR 15.114 para a instalação de área de reciclagem de RCC**

<b>Critérios para a instalação de área de reciclagem de RCC</b>	
<b>Localização</b>	Mínimo impacto ambiental resultante da instalação da usina de reciclagem.
	Aceitação máxima pela população para a instalação.
	Estar de acordo com a legislação de uso do solo e legislação ambiental.
	Avaliação da adequabilidade de hidrologia, vegetação e vias de acesso.
<b>Isolamento e sinalização</b>	Cercamento perimetral e portão garantindo a segurança e restrição ao acesso.
	Sinalização de entrada e perimetral.
	Instrumentos de proteção para a vizinhança como cerca viva e árvores.
<b>Iluminação</b>	Disponer de iluminação e energia garantindo eventuais emergências.
<b>Proteção das águas superficiais</b>	Respeito às faixas de proteção dos corpos d'água.
	Sistema de drenagem garantindo escoamento superficial.
	Integração à macrodrenagem local.
	Barrar o acesso de águas pluviais do entorno ao interior na unidade.
	Garantir o não carregamento de material sólido para fora da área.
<b>Preparo da área de operação</b>	Regularização da superfície.
	Determinação de local específico para o armazenamento de resíduos não recicláveis na instalação.
	Cobertura da área de armazenamento temporário de resíduos classe D.
<b>Memorial Descritivo</b>	Informações sobre o local destinado à área de reciclagem.
	Descrição da implantação e operação.
	Equipamentos utilizados e capacidade.
	Equipamentos de segurança.
	Plano de operação.
	Plano de Inspeção.
Plano de Manutenção.	
<b>Projeto Básico</b>	Dimensões gerais com localização e identificação de confrontantes.
	Dispositivos de drenagem superficial.
	Acessos.
	Edificações de apoio.
	Locais de recebimento e triagem.
	Armazenamento temporário de resíduos não recicláveis.
	Local de processamento dos resíduos.
	Layout dos equipamentos.
Local de armazenamento dos produtos gerados.	

De acordo com as informações apresentadas no quadro 5, para a instalação de uma unidade de usina de reciclagem é necessário verificar o menor impacto ambiental possível, relacionado principalmente com o barulho e à poeira, fazendo-se sua aceitação junto à

população ser a melhor e estar de acordo com a legislação de uso do solo e com a legislação ambiental. Além disso, a avaliação de sua implantação deve observar a geologia e tipos de solos existentes, hidrologia, passivo ambiental, vegetação, vias de acesso, área e volume disponíveis, vida útil e distância de núcleos populacionais. Devem ser apresentadas informações cadastrais referentes ao documento de propriedade do imóvel ou autorização para implantação, qualificação do empreendedor e operador responsáveis. Ter plano de controle de recebimento de resíduos com o controle da entrada e saída dos resíduos quanto à procedência, quantidade e qualidade, conforme o Controle de Transporte de Resíduos (CTR), e acompanhamentos mensais. Apresentar a capacidade volumétrica da área, prazo; o cronograma de execução e estimativa de custos, do terreno, equipamentos necessários, mão de obra empregada, materiais utilizados, instalações e serviços de apoio; cronograma físico-financeiro para a implantação e operação da unidade.

A mesma norma (ABNT, 2004c) também define os procedimentos de operação de uma unidade recicladora de RCC, que são:

- a) Recebimento, triagem e processamento de resíduos: somente serão aceitos na área de reciclagem os resíduos de classe A com conhecimento sobre a procedência e composição. Quando não triados na fonte geradora, em áreas de transbordo e triagem e em aterros da construção civil e resíduos inertes, a triagem pode ser feita nas áreas de reciclagem, porém os resíduos de classes B, C e D são encaminhados para adequada destinação. Durante o processamento de resíduos os equipamentos e a instalação em si devem fazer o controle de vibrações, ruídos e poluentes atmosféricos;
- b) Treinamento e equipamentos de segurança: deve haver treinamento de todo o processo de operação da área de reciclagem de acordo com as atividades desenvolvidas com cada empregado bem como de procedimentos a serem adotados em casos de emergência. Os equipamentos de proteção individual, de proteção contra descargas atmosféricas e de combate a incêndio devem ser mantidos conforme normas específicas;
- c) Inspeção e manutenção: deve haver um plano de inspeção e manutenção de forma a garantir a integridade do sistema de drenagem das águas superficiais e a emissão de poluentes atmosféricos, ruído e vibração para não prejudicar o meio ambiente e a saúde humana;
- d) Controle e registro da operação: deve haver procedimentos de controle da entrada dos resíduos recebidos, discriminação dos procedimentos de triagem, reciclagem, armazenamento e outras operações realizadas na área, descrição e destinação dos resíduos a serem rejeitados, reutilizados e reciclados e controle da qualidade dos produtos gerados. Deve ser feito o

arquivamento dos controles de transporte de resíduos referentes às cargas recebidas, mantendo os registros para eventual necessidade de apresentação de relatório.

### *2.3.1 Instalação e operação de usinas de RCC*

Além das diretrizes indicadas na ABNT também existem algumas pesquisas que apresentaram um detalhamento dos principais aspectos a serem observados no desenvolvimento das atividades de reciclagem de RCC, como em Sinduscon-SP (2005), Jadovisk (2005) e Rosa (2005). Os mesmos foram agrupados em:

1) Localização, referente à escolha da área:

- Proximidade das fontes geradoras;
- Proximidade com o mercado dos agregados reciclados;
- Distante de áreas residenciais e centrais;
- Dimensão/capacidade da área condizente com a demanda;
- Existência de infraestrutura;
- Custo do terreno;
- Atendimento à NBR 15114 (ABNT, 2004c).

Uma área destinada à reciclagem pode ser um estabelecimento privado ou público destinado à transformação dos resíduos classe A em agregados. Ela deve ser licenciada pela administração pública municipal e no âmbito estadual de acordo com o órgão de controle ambiental emitindo a Licença de Instalação e Operação (SINDUSCON-SP, 2005), no caso do Estado de São Paulo, esse documento é analisado e emitido pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

2) Transporte:

- Avaliar o custo de transporte entre o local de geração e a usina;
- Avaliar o custo de transporte entre local de consumo e a usina;
- Avaliar o custo do local de geração e o aterro;

O planejamento da minimização de distância de transporte pode ser feito através de um estudo dos padrões de geração de RCC na região com a locação da planta o mais próximo possível do centro geométrico de todos os pontos de geração, com a realização de uma análise detalhada de todas as rotas identificando sempre as mais curtas dentro das restrições existentes, além de, utilizar procedimentos de otimização em tempo real para maximizar

cargas completas, evitando tanto quanto possível cargas parciais e viagens vazias (COELHO E BRITO, 2013).

A este respeito, conforme Ulubeyli et al. (2017), espera-se que um local central fixo seja localizado mais longe do centro da cidade ou que tenha um caráter rural cercado por áreas urbanas ou densamente povoadas próximas a importantes corredores de transporte. Isso resulta em um aumento nos custos de transporte levando a menores taxas de entrada devido à perda da vantagem de localização. Além disso, o custo para o transporte de materiais de construção reciclados de RCC não deve ser mais alto em comparação com o custo do uso de materiais naturais entregues no canteiro de obras através de canais comerciais tradicionais. No nível macro, as instalações de reciclagem precisam ser espalhadas pelo território em que o raio operacional ou de transporte de 15 a 50 km entre as instalações é necessário para evitar a intensa concorrência no mercado.

Uma boa referência para essa característica é a implantação dessas usinas em áreas destinadas ao uso industrial pelo próprio município, pelo zoneamento urbano, contando assim com toda a infraestrutura necessária para o funcionamento, com localização estratégica e, em alguns casos, podendo contar com algum tipo de incentivo fiscal.

### 3) Resíduos e produtos gerados:

- Volume e fluxo estimado de resíduos a serem reciclados;
- Escolha do tipo de produção e quantidade devem atender as necessidades do mercado para sua absorção;
- Controle tecnológico e qualidade sobre a produção;
- Custo dos agregados e produtos reciclados;

A definição do tipo de agregado reciclado a ser produzido diz respeito ao tipo de uso que se quer propor, já que o agregado para fabricação de artefatos não será o mesmo utilizado na pavimentação (CUNHA, 2007).

### 4) Instalações, referente ao que deve existir em:

- Projeto: locais de triagem, cercamento, portões, guarita, edificação para escritório, depósito, vestiário, copa e etc., drenagem superficial, baias de concreto para disposição de resíduos triados, áreas para disposição de RCC classe D, entrada e distribuição de energia, reservatório elevado de água, rede de distribuição de água, rede de saneamento, sistema de proteção contra descargas atmosféricas, prevenção e combate a incêndios, sinalização e identificação, paisagismo;

- Organização das instalações (layout) de forma a garantir a eficiência da unidade recicladora;

Cunha (2007) avaliou que quando instaladas em áreas de grande porte permitiam a expansão de suas atividades sem interferência na produção, permitindo a criação de novas áreas de armazenamento e estoque. Isso indica que a disponibilidade do espaço físico é um fator determinante, pois se bem planejado, compatibiliza o fluxo de produção, as áreas de armazenamento e o tempo necessário de estocagem sem o comprometimento do fluxo de produção.

5) Equipamentos:

- Capacidade de processamento para a definição de potências do maquinário;
- Quantidade a ser utilizada;

Para Coelho e Brito (2013), a capacidade da instalação de reciclagem de RCC depende da geração média local, que é uma variável definida por muitos fatores externos à instalação. Esses fatores externos podem incluir: taxas de construção, taxas de reabilitação e demolição, preços de aterros, disponibilidade e preço de agregados naturais, concorrência com outras usinas de reciclagem e até legislação relevante.

6) Mão de obra:

- Definição da qualificação dos funcionários;
- Número de funcionários;

7) Medidas para minimização dos impactos ambientais:

- Cerca viva para promover a contenção de ruído e poeira de forma a melhorar também a imagem do local;
- Cobrimento do piso com material de forma a compactar o solo e reduzir o pó resultante do tráfego dos veículos;
- Revestimento do britador com manta acústica e dos locais de impacto com manta de borracha para reduzir a emissão de ruído;
- Redução das alturas de descarga dos materiais nos pontos de transferência;
- Instalação de aspersores de água nos pontos de entrada e saída de materiais para reduzir a emissão de pó.

A localização e a planta das usinas de reciclagem devem ser adaptadas para responder à proteção ambiental local de ruído, poeira e vibrações, e levar à redução dos custos incorridos com o transporte e coleta de resíduos.

### 2.3.2 Processos e equipamentos para a produção de RCC

Tam e Tam (2006) apresentaram em sua pesquisa, uma usina de reciclagem, sendo a primeira usina de reciclagem para demolição concreto de testes organizada pelo governo de Hong Kong, com 40% de resíduos de concreto provenientes de obras públicas, enquanto que os outros 60% eram de organizações privadas, todo o agregado reciclado produzido era disponibilizado gratuitamente a outros departamentos do governo. Seiscentas a mil e duzentas toneladas de agregado reciclado podiam ser produzidas diariamente desde que o suprimento pudesse fornecer quantidades suficientes. Seu processo de reciclagem passava por dois tipos de trituradores: britador de mandíbula e triturador de cone, em que o britador de mandíbula é usado para reduzir o tamanho dos resíduos e o triturador de cone é usado para garantir que todos os resíduos sejam esmagados nos tamanhos necessários. No entanto, aqueles provenientes de organizações privadas precisam de alguma triagem antes de alimentar a planta. O agregado reciclado é usado principalmente como novo concreto, sendo 1% para fundação, muro de contenção, viga terrestre e blocos, 15% para drenagem, 50% para camadas de barragem e filtro, 15% para sub-base e 20% para blocos de pavimentação.

De acordo com Nunes et al. (2007), a tecnologia adotada no Brasil para a reciclagem de RCC é simples e utiliza de forma intensiva a mão de obra. Nesses projetos, o equipamento necessário processa apenas as frações minerais e um componente magnético remove a fração metálica. As outras frações, excluindo as minerais e metálicas, são previamente removidas manualmente antes do início do processo de moagem. No quadro 6 estão as principais etapas do processo de reciclagem das instalações brasileiras, os principais equipamentos utilizados neste processo e equipamentos adicionais segundo Nunes et al. (2007).

**Quadro 6 - Processo de reciclagem de resíduos e operações secundárias**

<b>Estágios</b>	<b>Equipamentos</b>
Planejamento do perfil granulométrico.	Computador, escritório e instrumentos.
Recepção de caminhões: pesagem e medição.	Balança.
Caminhão guiado até o ponto de descarga.	-
Inspeção de material descarregado com remoção de material contaminado.	Ferramentas e escavadeira.
Encaminhamento de material para separação secundária.	Retroescavadeira, correia transportadora e alimentador de correia vibratória.
Encaminhamento para a pilha de armazenamento - material	Correia transportadora.
Trituração e classificação	Grade de vibração, correia transportadora, britador cônico e peneira vibratória.

Fonte: Adaptado de Nunes et al. (2007).

Para Miranda, Ângulo e Carelli (2009), geralmente a maioria das usinas já implantadas no Brasil operam com o mesmo tipo de equipamentos: pá carregadeira ou retroescavadeira, alimentador vibratório, transportes de correia, britador de mandíbula ou impacto, separador magnético permanente ou eletroímã e peneira vibratória, e nenhuma apresenta controle de qualidade dos agregados produzidos.

Zhao, Rena e Rotter (2011) também destacaram a tecnologia adaptada às circunstâncias chinesas para a reciclagem de RCC como simples e intensiva em mão de obra, pois utiliza o mesmo tipo de equipamento para o processamento das frações minerais e um separador magnético para a remoção da fração metálica, bem como a remoção dos outros tipos de resíduos de forma manual.

Sobral (2012) apresentou três tipos de usinas de reciclagem de RCC quanto à forma de instalação: plantas móveis, semimóveis e plantas fixas. Quando o empreendimento necessita de uma mobilidade constante, como, por exemplo, a execução de estradas, são utilizadas as plantas móveis, que são instaladas sobre bases móveis que permitem o transporte rápido, porém geralmente o material produzido possui qualidade inferior e com pouca diversidade. Já para os empreendimentos de curto ou médio prazo, como a construção de usinas hidroelétricas e nas pedreiras de construção de estradas, as plantas semimóveis são recomendadas, pois, instaladas sobre bases metálicas, que são fáceis, rápidas e com economia de montagem e desmontagem facilitam sua remoção. Em empreendimentos de localização definitiva utilizam-se as plantas fixas que possibilitam a obtenção de produtos reciclados mais diversificados com melhor qualidade, com a utilização de equipamentos maiores e especializados atribuindo um caráter de produção industrial ao processo de reciclagem.

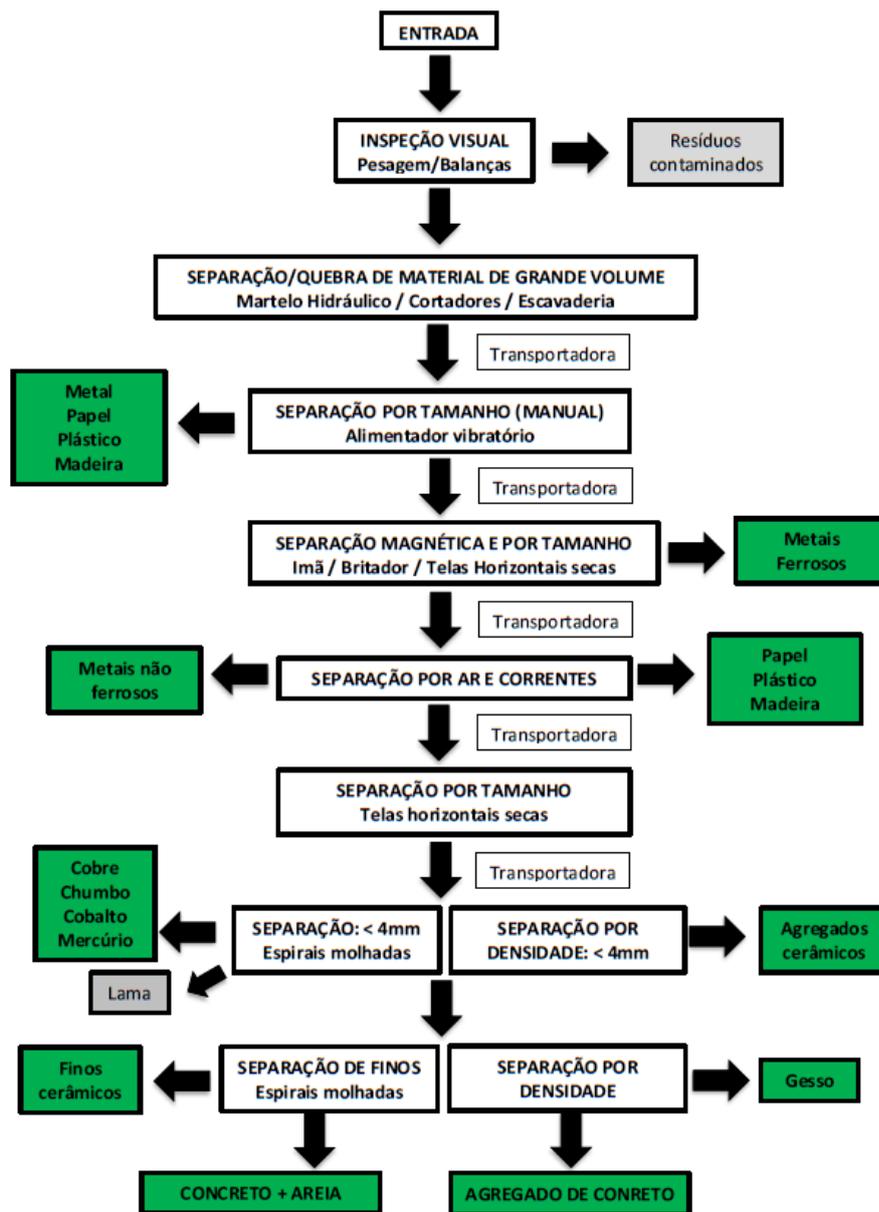


Figura 4 - Fluxograma de processos de usina de reciclagem de RCC segundo Coelho e Brito (2013).  
Fonte: Adaptado de Coelho e Brito (2013).

A usina detalhada por Coelho e Brito (2013) em sua pesquisa, sintetizada no fluxograma apresentado na figura 4, é uma instalação altamente mecanizada, capaz de receber uma mistura completa de RCC e separar todos os principais constituintes com possibilidade de comercialização, rejeitando apenas materiais perigosos e lodo úmido carregando partículas misturadas ultrafinas. O resumo sobre os equipamentos utilizados e sua funcionalidade são demonstrados no quadro 7:

**Quadro 7 - Detalhes funcionais dos equipamentos**

<b>Equipamentos</b>	<b>Descrição</b>
Balança	Pesagem de caminhões carregados na entrada da usina ao nível do solo, com a anotação de todos os dados relevantes para o comando central - data, hora de chegada, peso da carga, origem, peso do caminhão vazio.
Escavadeira	Após a inspeção visual dos resíduos, a escavadeira, talvez auxiliada por uma pá carregadeira de rodas e equipada com um martelo hidráulico ou cortadores, é usada para quebrar grandes blocos de concreto, rocha, alvenaria ou metais misturados.
Alimentador vibratório	Primeira alimentação do material, da escavadeira, produzindo dois tamanhos principais de agregados: <80 mm e> 80 mm.
Ímã	Trabalhando com o agregado de tamanho <80 mm, este eletroímã de correia cruzada separará cerca de 70% de todos os metais ferrosos.
Separação Manual	Juntamente com o ímã, uma cabine operada por pessoas separará cerca de 30% em peso de todos os metais, papel e cartão, plásticos e madeira do material > 80 mm.
Triturador	Este britador de mandíbula, calibrado para reduzir todo o fluxo de material até 40 mm, com as telas horizontais nº 1, opera para separar todas as partículas maiores que 40 mm.
Telas horizontais - 1	Esta unidade vibratória de movimento elíptico de 300 toneladas / hora divide o fluxo de resíduos de entrada em tamanhos <40 mm e> 40 mm
Peneiras de ar	Estes ventiladores irão soprar ar através do fluxo de resíduos de 40 mm ou menos em três locais diferentes (um soprador especificamente calibrado para separar cada contaminante), de modo a extrair materiais leves, especialmente papel e papelão, plásticos e madeira, ou seja, contaminantes que não puderam ser retirados manualmente.
Separador de corrente de Eddy	Um rotor magnético com polaridade alternada, acionado pela correia transportadora que transporta o fluxo de resíduos, criará correntes parasitas nas partículas de metal não ferroso e as repelirá do transportador. Para fins de cálculo, a separação de 70% é considerada, com 30% das partículas não-ferrosas sendo muito pequenas para serem projetadas longe o suficiente da superfície da correia transportadora.
Telas horizontais - 2	Agora em uma configuração de 4 decks; esta máquina de movimento vibratório separará o fluxo de resíduos em quatro tamanhos de grão: <4 mm, 4 e 8 mm, 8 e 16 mm, 16 e 32 mm e 32 e 40 mm.
Gabaritos de ar	Operando somente com o fluxo de tamanho de grão > 4 mm e em condições absolutamente secas, estas máquinas separam, em duas etapas consecutivas, materiais de cerâmica e gesso do agregado de concreto que é coletado na extremidade inferior desta seção; operando com um fluxo de ar constante e pulsante, a separação opera desde que haja uma diferença de densidade palpável (dentro da faixa de precisão da máquina) entre os materiais.
Espirais	Para o tamanho de grão <4 mm, é necessário um método de separação por via úmida. Nas espirais as partículas mais pesadas tendem a fluir para mais perto do centro enquanto as mais leves se aproximam das paredes externas. No entanto, a energia é necessária para bombear o material de volta ao seu lado superior, já que mais de uma passagem pode ser necessária para separar completamente o fluxo de entrada. Há a separação do metal pesado e da cerâmica fina de partículas finas de concreto, em duas etapas. Como é um processo úmido, as espirais geram certa quantidade de lama úmida (estimada em menos de 4% do peso total do RCC que entra na instalação) que deve ser descartada.

Fonte: Adaptado de Coelho e Brito (2013).

Hamassaki, Oliveira e Ândulo (2014) afirmaram que durante a operacionalização da reciclagem os aspectos mais importantes são a retirada manual (catação) dos materiais contaminantes para a menor quantidade possível para a obtenção dos resíduos classe A e a escolha dos equipamentos que definem os custos envolvidos bem como a estratégia de produção dos agregados reciclados. Segundo os autores as usinas de reciclagem fixas são a maioria no Brasil, mas que há um crescimento na utilização de usinas móveis de reciclagem com a importação de equipamentos da Itália e da Alemanha.

Outra pesquisa, Oliveira Neto et al. (2017), também apresentou um fluxograma dos processos denominado de processo avançado atual, que é uma alternativa baseada nos processos de reciclagem mais comuns, incluindo os equipamentos mais básicos, como trituradores e telas com separadores magnéticos, mas que incluem equipamentos adicionais que permitem uma melhor eficiência de classificação e geram material com qualidade final para o agregado reciclado.

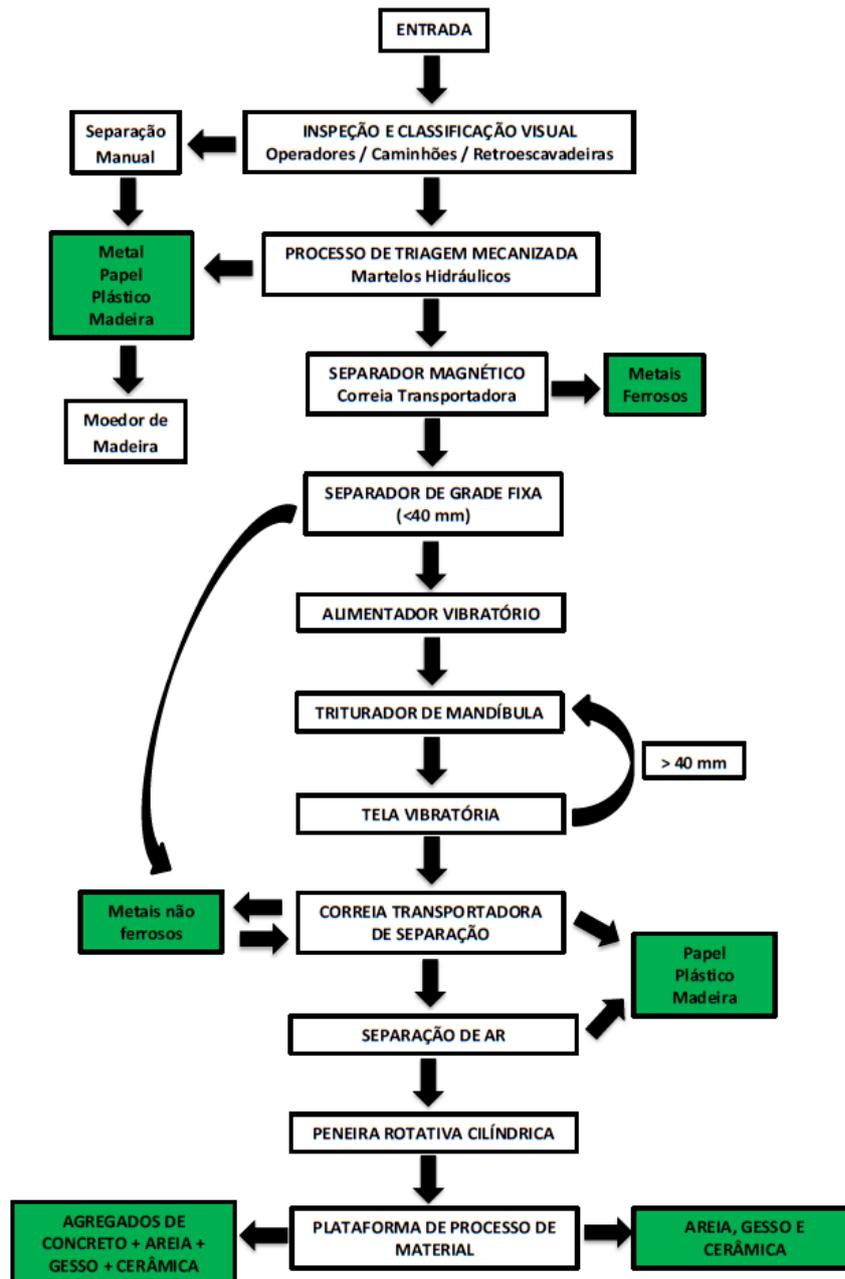


Figura 5 - Fluxograma de processos de usina de reciclagem de RCC segundo Oliveira Neto et al. (2017).

Fonte: Adaptado de Oliveira Neto et al. (2017).

Neste fluxograma, apresentado na figura 5, a primeira etapa é a inspeção visual preliminar e classificação, na qual é feita uma triagem inicial realizada por operadores que realizam uma classificação visual após o recebimento, com a ajuda de carregadores frontais ou escavadeiras que podem espalhar o material e facilitar o trabalho. A segunda etapa é a classificação mecanizada que utiliza martelos hidráulicos instalados nos braços das escavadeiras com a função de reduzir o tamanho de resíduos maiores, contribuindo para melhorar a eficiência no equipamento de classificação subsequente porque desintegra os componentes do RCC como pedra esmagada, tijolo, ferro, concreto, etc. e pode gerar outras separações visuais para os operadores. A terceira etapa é a transferência de material através de correias transportadoras, que transporta para o separador de grade fixa o material antes de passar pelo detector de metais ou separador magnético, cuja função é coletar todos os tipos de componentes ferrosos (propriedades magnéticas). Assim, esses materiais são removidos no processo em andamento para fins de reutilização ou reciclagem, e com isso também evita o risco de danificar outros equipamentos mecânicos. A função principal, neste momento do processo, é remover partículas menores que 4 mm que devem passar através dos intervalos entre os feixes de grade fixa que formam um sub-fluxo, aumentando a eficiência do triturador e da tela vibratória (OLIVEIRA NETO, R. et al, 2017).

O material então vai para o triturador de mandíbula e, em seguida, através de uma tela vibratória separa em duas frações, maior que 40 mm e menor que 40mm, sendo que o material que fica retido retorna ao triturador. As partículas menores que 40 mm serão direcionadas para a correia transportadora que procede à separação manual por operadores treinados na identificação de diferentes tipos de componentes (plástico, papel, papelão, metais e outros) que ainda haviam ficado retidos nos materiais, mas que agora podem ser ordenados manualmente e direcionados para recipientes para reutilização ou reciclagem final. Na sequência de separação manual no transportador, o material que não foi rastreado pelos operadores vai diretamente para o Separador de Ar onde as partículas caem por gravidade em uma contra corrente de ar soprado que remove o material leve da parte superior do equipamento. Este material consiste principalmente em papel, plástico fino e madeira. Alguma fração de materiais contendo gesso em pó fino poderá ser removida pela corrente de ar. A próxima etapa é o encaminhamento do material para a peneira cilíndrica, uma tela rotativa cuja função é separar as frações maiores e as menores que 4 mm de tamanho e promover a quebra do material com um tamanho maior que 4 mm. Este passo é normalmente o último passo que é empregado em plataformas de classificação de RCC com um nível mais

básico de tecnologia que gera agregados e areia grossa reciclados (OLIVEIRA NETO, R. et al, 2017).

Por meio desses estudos é possível identificar que as variações ocorrem com relação à utilização de algumas tecnologias e equipamentos mais avançados, porém o fluxograma das atividades envolvidas no processo é praticamente igual. A partir de Cunha (2007), Esguícero (2010) e Sobral (2012) complementados pelos estudos citados anteriormente foi possível elaborar uma proposta de quadro descritivo dos procedimentos e equipamentos utilizados no desenvolvimento da atividade de reciclagem de RCC, o quadro 8.

**Quadro 8 - Descrição de etapas e equipamentos envolvidos numa usina de reciclagem de RCC**

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>	<b>Equipamentos</b>
Recepção do entulho.	Área de verificação dos RCC trazidos pelos transportadores do ponto de coleta até a usina.	Caminhões e caçambas.
Análise visual	Para verificação da predominância dos materiais antes do seu descarregamento.	-
Descarga	Lançamento dos RCC com volume predominante de materiais de concreto ou produtos cerâmicos separados dos RCC com maior teor de solos sendo feito o espalhamento do entulho RCC em área determinada para a triagem.	Caminhões poliguindastes.
Triagem	Separação manual de materiais conforme sua composição, cerâmicos ou de concreto, e retirada dos contaminantes como plásticos, madeira, aço e papel.	Martelos hidráulicos, marretas, pá de bico, ganchos e tesouras manuais para fragmentar resíduos de maior tamanho e facilitar sua separação, e contêineres para os outros tipos de resíduos.
Peneiramento inicial	A matéria prima, por vibração, é deslocada em direção à câmara de britagem, e os resíduos finos são retidos pela grelha existente no equipamento. Os resíduos com maior teor de solos são depositados.	Pá carregadeira, alimentador vibratório e esteira
Britagem	Rompimento do material por compressão gerando granulometria variada.	Britador de mandíbulas ou impacto.
Separação magnética	É feita a separação dos resíduos ferrosos.	Correia transportadora e ímãs.
Peneiramento	O agregado com granulometria variada é depositado na caixa de entrada da peneira e o material é classificado dentro de quatro faixas granulométricas por meio das vibrações produzidas pelo equipamento.	Transportador de correias/esteiras e peneira vibratória.
Estocagem	Transporte do material para a separação por tipo de granulometria, gerando os agregados reciclados como pedra, pedrisco e areia. Pode ser alocado abaixo do peneirador ou conduzido até às pilhas de armazenamento.	Esteiras e baias.

Complementando as informações, o alimentador vibratório geralmente é apoiado em uma estrutura metálica ou de concreto e é constituído por mesa vibratória e grelha. Já o separador magnético fica instalado acima do primeiro trecho de correia transportadora com o ímã trabalhando continuamente para fazer a retirada dos metais que permanecem nos

fragmentos da matéria prima depois de britada. O peneirador pode ser apoiado em alvenaria estrutural e o direcionamento do agregado classificado é feito conforme a divisão das baias sob ele.

Para a produção dos agregados tipo bica corrida, o reciclado não passa pelo peneiramento, ou seja, ao sair do britador, o reciclado é conduzido e lançado direto na pilha, sem divisão granulométrica.

## **2.4 Estudos sobre a viabilidade na implantação de usinas de RCC**

Segundo John (2000) a viabilidade de um processo de reciclagem está diretamente relacionada aos custos locais, pois os preços dos produtos e custos de deposição em aterros são definidos localmente. A reciclagem precisa reduzir os custos com o resíduo, incluídos custos decorrentes da necessidade de mudança de tratamento do resíduo para adequá-lo à reciclagem. Deve propor a minimização da necessidade de separação, classificação e transformação industrial do resíduo; a minimização das distâncias de transporte dos resíduos até o local de transformação e deste até o mercado consumidor; resultar em produto reciclável e em um novo produto com vantagem competitiva potencial sobre os existentes no mercado, para além do preço. Como o preço de mercado está disponível, o objetivo do estudo é verificar o período de tempo necessário para o retorno do capital investido a diferentes taxas. A análise da sensibilidade a variações dos preços de insumos, como do resíduo e os preços de venda do produto fornece ferramentas para a tomada de decisão. Diz ser desejável que o modelo de negócio envolva uma garantia de manutenção do preço do resíduo por período de tempo suficiente para amortizar os investimentos, de acordo com a taxa de retorno escolhida pelo investidor, já que, existe a possibilidade de valorização do resíduo caso a demanda por ele cresça consideravelmente.

Tam e Tam (2006) em sua pesquisa em Hong Kong, ao considerar um material reciclável, definiu que três itens devem ser verificados, como: economia, compatibilidade com outros materiais e as propriedades do material. Do ponto de vista econômico, a reciclagem de RCC só é atraente quando o produto reciclado é competitivo com os recursos naturais em relação ao custo e à quantidade, por exemplo, os materiais reciclados serão mais competitivos em regiões onde existe escassez de matérias primas e aterros sanitários.

Outro caso refere-se à situação irlandesa (DURAN et al., 2006), no qual foram propostas três situações de usinas de reciclagem de RCC, uma em Dublin, outra em Limerick e a uma última como sendo uma estação móvel. A principal conclusão deste trabalho é que a

viabilidade econômica, para qualquer uma dessas três opções, é considerada provável, desde que os custos de descarte (incluindo o transporte) sejam superiores à taxa de cobrança da usina de reciclagem, e o custo por tonelada de uso de agregado virgem exceda o custo oferecido pelos agregados reciclados. Trabalha com uma ausência de qualquer tributação sobre o agregado virgem ou subsídios ao uso de agregados reciclados e com as economias de escala, dada a consequência do funcionamento de custos de processamento desativados e implicando uma capacidade aprimorada para processar os RCC e, assim, atender uma maior cota da população. Desenvolveu um modelo para avaliar a viabilidade econômica da criação de mercados de reciclagem de RCC, considerando uma fonte de impostos e subsídios.

Nunes et al. (2007) avaliaram a viabilidade de investimentos em centros de reciclagem por meio da comparação entre centros de reciclagem públicos e privados. Mostraram que os centros de reciclagem RCC que operam sob as condições do mercado brasileiro não são financeiramente viáveis para empresas privadas, pois a receita da venda do produto processado por si só não é suficiente para viabilizar esses centros de reciclagem. Sugere-se que outras fontes de receita sejam buscadas, como a cobrança pela aceitação de RCC em centros de reciclagem e a redução de impostos e empréstimos a taxas menores do que aquelas praticadas no mercado. Já para os centros de reciclagem de RCC públicos, dependendo das circunstâncias particulares de cada município (custos de descarte de aterros sanitários, custos de transporte de RCC para aterros sanitários e preço de aquisição de produtos naturais) podem ser viáveis. A viabilidade, no entanto, também depende da continuidade da operação e do volume de produção alcançado nesses centros. Além disso, verificou por meio de consultas a profissionais do setor no Brasil que projetos privados com menos de 20 toneladas por hora (t/h) de fluxo de processamento de RCC provavelmente não seriam financeiramente viáveis, devido à baixa produtividade e aos baixos preços do produto processado. Verificou-se também que um centro com uma capacidade de processamento nominal de cerca de 50 t/h teria os mesmos custos operacionais e de implementação comparados aos de um centro de 100 t/h. Os centros de reciclagem não se tornam financeiramente viáveis apenas por meio da receita da venda de produtos processados. Os resultados são mais negativos se o preço da terra e os custos de descarte forem levados em consideração.

O estudo relativo ao caso de Chongqing, na China, (ZHAO, W.; LEEFTINK, R.B.; ROTTER, V.S., 2010) realizou uma comparação econômica entre a implementação de instalações de reciclagem de plantas fixas, com estações móveis de processamento e um caso equivalente (móvel) na Holanda. A estimativa de custos e a análise de investimentos mostraram que o custo de reciclagem estava diminuindo com a economia de escala e a receita

aumentava devido à vantagem de localização, respectivamente. Em consequência, ambos contribuem para a viabilidade econômica do centro de reciclagem. No entanto, os centros móveis não possuem flexibilidade de capacidade devido ao transporte das instalações e, finalmente, perdem vantagens de custos com a economia de escala. Enquanto isso, as vantagens na localização dos centros de reciclagem móveis podem enfraquecer as desvantagens do custo de reciclagem ao atingir tarifas de entrada mais altas, se uma instalação móvel estiver temporariamente localizada em um grande local de construção. Pelo contrário, a capacidade de processamento de um centro fixo é fácil de ampliar no estágio de projeto, dependendo dos requisitos da região e dos custos de reciclagem. No entanto, considerando o ruído, a poluição e as restrições de zoneamento, a central fixa deve estar localizada mais longe do centro da cidade. Isso resulta em aumento do custo do transporte, levando a menores taxas de entrada devido à perda de vantagem de localização. Assim, o tipo de centro de reciclagem é determinado com base em qual fator pode trazer mais lucro. Como resultado, um centro de reciclagem móvel é escolhido quando a receita extra da vantagem de localização deste centro móvel excede a diferença entre o custo de reciclagem de um centro fixo e do centro móvel.

Zhao et al. (2010) também definiu que a análise de investimento é um estudo do retorno provável de um investimento proposto com o objetivo de avaliar o valor que um investidor pode pagar e a adequação do investimento para esse investidor ou a viabilidade de um desenvolvimento imobiliário proposto. Através desse conceito, propôs um quadro base para calcular os custos de implantação de uma usina de reciclagem de RCC:

**Quadro 9 - Premissas para calcular o custo unitário de implantação de uma usina de reciclagem de RCC**

Componentes	Usina Modelo
Base	Capacidade
	Porcentagem contaminante enviada para aterros
	Vida de trabalho do equipamento
	Dias Trabalhados
	Horas trabalhadas
	Custos operacionais aumentam em X% ao ano
Capital Investido / Custo inicial	Edificações
	Equipamentos
	Área de implantação
	Taxa de juros
Custos Operacionais	Funcionários – quantidade e cargos
	Salários
	Despesas mensais (água, luz, internet e etc.)
	Transporte e envio de contaminantes para aterro
	Manutenção de equipamentos
	Seguro

Fonte: Adaptado de Zhao et al. (2010)

Segundo Zhao, Rena e Rotter (2011), os centros públicos de reciclagem são perfeitamente competitivos. Isso implica que o centro de reciclagem não é para obter lucros. Ou seja, os preços cobrados pela entrada de RCC e o pagamento total dos usuários só precisam cobrir o custo da reciclagem. Segundo os autores essa suposição é realista somente se o governo administra o centro de reciclagem, já que para os investidores privados, é inevitável manter um lucro aceitável, investimento de capital fixo e período de retorno (significa o período de tempo necessário para o lucro ou outros benefícios de um investimento para igualar o custo do investimento).

Como destaca André Coelho (2013), usinas de reciclagem comerciais de tamanho e complexidade consideráveis já estão operando nos Países Baixos e na Alemanha, o que prova que a reciclagem pode ser um negócio lucrativo. Mas a viabilidade econômica é uma variável altamente regional, dependente de muitos fatores físicos, econômicos e sociais.

Para Ulubeyli et al. (2017), o custo unitário da instalação de reciclagem de grande capacidade é menor que o custo de pequena capacidade, ou seja, as capacidades superiores superam as capacidades mais baixas tanto na rentabilidade absoluta como na resiliência a flutuações de vários parâmetros operacionais. Em outras palavras, os centros móveis perdem suas vantagens de custo com a baixa produtividade, novamente a já mencionada economia de escala, e os baixos preços do produto processado. Assim, um centro de reciclagem móvel é escolhido quando a receita extra da vantagem de localização, alcançando uma taxa de entrada maior, excede a diferença entre o custo de reciclagem de um centro fixo e o centro móvel.

Segundo Oliveira Neto et al. (2017) as técnicas de avaliação econômica são usadas para estimar dados de um projeto usando indicadores econômicos para avaliar sua rentabilidade e risco em comparação com outras alternativas de investimento. Para este fim, é necessário montar inicialmente os fluxos de caixa com base em cálculos de indicadores econômicos importantes para análise e tomada de decisão necessária. Sobre os investimentos em relação à porcentagem do equipamento e da infraestrutura em cada tipo de processo de reciclagem da plataforma, estes dois custos de investimento participam entre 70 e 80% dos investimentos totais. A compra de terrenos participa com uma média de 8% dos investimentos totais. A participação do investimento em equipamentos aumenta com a capacidade da plataforma. A análise da distribuição das categorias de custos operacionais mostra que o principal componente são os custos trabalhistas que incluem operação, manutenção e mão-de-obra administrativa. A parcela dos custos trabalhistas nos custos operacionais totais é de aproximadamente 45%. Outro componente importante é a energia consumida que aparece com o segundo grande fator de influência no custo operacional total (25%). Isso ocorre

porque toda a classificação mecânica em instalações de resíduos consiste de equipamentos alimentados por eletricidade, e apenas um tipo de equipamento é alimentado por combustível diesel. Este equipamento, uma escavadeira ou carregador, é usado apenas em operações de recepção. e a preparação inicial dos resíduos. É importante notar que a porcentagem média de custos da medida ambiental é de 2% dos custos operacionais totais; é inferior ao nível máximo aceitável de 5% neste tipo de instalação.

Com o objetivo de analisar os principais aspectos financeiros que influenciam na implantação e operação de usinas de reciclagem de RCC, com capacidade de 50 t/h e 75 t/h, Moresco (2017) determinou que o melhor cenário de viabilidade analisado é o que possui receita sobre o recebimento de RCC e produz 100% de sua capacidade de operação. Além disso, analisou como fatores determinantes na análise a capacidade de produção, a cobrança e obtenção de receitas para o recebimento de RCC, a quantidade de RCC recebidos, a venda de agregados reciclados, a gestão pública e o próprio mercado consumidor desses materiais.

Muitos estudos abordaram a análise econômica da reciclagem do gerenciamento de C & DW (Nunes et al., 2007; Duran et al., 2006; Zhao et al., 2010; Huang et al., 2002; Coelho e de Brito, 2013). Esses estudos envolveram diferentes pressupostos e contextos (Brasil, Irlanda, China, Taiwan, Portugal) que seria inválido comparar diretamente seus resultados. Os pressupostos dessas análises diferem de várias maneiras: taxa de desconto, duração do período, tecnologia, escala do centro de reciclagem, etc.

Todos esses estudos destacam a importância de fatores que influenciam a viabilidade para a implementação de uma usina de reciclagem, tais como: tributação de agregados naturais; colocando taxas em deposição de resíduos em aterros que poderiam ser reciclados (ou mesmo introduzindo uma proibição para a entrada no aterro sanitário); subsidiando empresas de reciclagem de RCC; implementando padrões para materiais reciclados e promovendo sua introdução no mercado, com uma possível redução de impostos sobre produtos de construção com conteúdo reciclado. Embora todas essas opções de manobra de mercado sejam relevantes e, para muitas regiões, críticas, é relevante realizar uma análise de forma a não trabalhar com facilidades legais e governamentais.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa apresenta-se como qualitativa, pois está mais relacionada ao levantamento de dados para aumentar a familiaridade do pesquisador com o tema empregando variedade de procedimentos de coleta. Por isso é de caráter exploratório, no que diz respeito à forma de abordagem do tema em questão, pois segundo Gil (2002), há a intenção de aprimorar as ideias considerando vários aspectos referentes ao tema estudado. Trata-se de uma pesquisa bastante específica assumindo a forma de estudo de caso agregando outras fontes como uma pesquisa bibliográfica e entrevistas com pessoas envolvidas ao ambiente e experiências práticas com o tema. A exploração do tema permite elaborar diagnósticos, alternativas e variações definindo a natureza do problema e gerar mais informações para a análise futura de pesquisas conclusivas.

Gil (2002) também define como estudo de caso intrínseco aquele em que o caso é o próprio objeto da pesquisa, sendo possível conhecê-lo mais profundamente sem a intenção de desenvolver alguma teoria. Pode ser único ou de múltiplos casos, este segundo, proporciona um mesmo tema inserido em diferentes contextos que contribuem para a elaboração de uma pesquisa de melhor qualidade, o que demanda também uma metodologia bem delineada com uma coleta e análise de dados definidos a serem reaplicados. Nos estudos de caso os dados podem ser obtidos por meio da análise de documentos, entrevistas, depoimentos pessoais, observação espontânea, observação participante e análise de artefatos físicos.

Neste sentido, a pesquisa foi organizada de acordo com o fluxograma representado abaixo:



**Figura 6 - Etapas da metodologia desenvolvidas na pesquisa.**

A figura 6 exemplifica sinteticamente as etapas em que a pesquisa se desenvolveu. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica para encontrar pesquisas relacionadas ao tema, possibilitando maior familiarização com o mesmo. O que foi apresentado no capítulo 2 abrangeu um panorama geral sobre a geração e reciclagem de RCC no Brasil e em contextos internacionais, as características para o funcionamento das instalações de usinas de

reciclagem baseadas também em normas e estudos que já tinham trabalhado a questão da viabilização da implantação como forma de amenizar os impactos gerados pelo desenvolvimento da construção civil.

A segunda etapa foi a elaboração de um instrumento de pesquisa de campo, baseado nas normas e estudos citados na revisão bibliográfica, para que servisse de embasamento para a observação e identificação de todas as características relacionadas à implantação e funcionamento reais deste tipo de instalação durante a realização das visitas técnicas. Estas foram realizadas em 2 unidades de usinas de reciclagem de RCC em operação, uma localizada na cidade de São José do Rio Preto e outra em Bady Bassitt, ambas no Estado de São Paulo, que ocorreram no mês de maio de 2018.

Posteriormente, à realização das visitas, ocorreu a análise e organização dos dados coletados que serviram de base para a elaboração de conceitos e custos necessários para a implantação e operação de usinas de reciclagem de RCC. Finalizando assim, com a aplicação destes dados em cenários para a verificação da viabilidade econômica, utilizando ferramentas de análise financeira apresentadas ainda neste capítulo.

### **3.1 Visitas técnicas**

As visitas técnicas às usinas de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto e Bady Bassitt tiveram como objetivo a verificação dos processos, equipamentos e implantação conforme informações analisadas durante a revisão bibliográfica.

A escolha desses dois locais ocorreu por diversos fatores, entre eles: abertura para visitação e pesquisa pelos administradores, boa localização, por demonstrarem serem instalações com considerável tempo de funcionamento e, conseqüentemente, por apresentarem experiências quanto ao histórico de instalação e operação, informações relevantes para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Partindo disso, e da elaboração, a partir das orientações obtidas durante as pesquisas da revisão bibliográfica, do quadro 10, foi possível propor um instrumento como ferramenta de roteiro para as visitas técnicas, possibilitando o máximo aproveitamento quanto da obtenção das características para implantação e operação de uma usina de reciclagem de RCC classe A.

Este instrumento de pesquisa de campo é apresentado a seguir:

**Quadro 10 – Instrumento base utilizado para levantamento de dados nas visitas técnicas.**

<b>Itens a serem verificados durante as visitas</b>	
<b>Localização</b>	Proximidade com áreas residenciais;
	Infraestrutura;
	Estar de acordo com a legislação de uso do solo e legislação ambiental;
	Verificação do entorno, vegetação e vias de acesso;
	Distancia com relação aos centros geradores;
<b>Instalações</b>	Cercamento perimetral e portão garantindo a segurança e restrição ao acesso.
	Sinalização de entrada e perimetral.
	Dimensões gerais com localização e identificação de confrontantes.
	Layout de produção.
	Acessos.
	Edificações de apoio.
	Sistema de drenagem garantindo escoamento superficial.
	Local para o armazenamento de resíduos não recicláveis na instalação.
<b>Equipamentos e produção.</b>	Informações sobre o local destinado à área de reciclagem.
	Descrição da implantação e operação.
	Equipamentos utilizados e capacidade, quantidade de resíduos recebida/processada.
	Equipamentos de segurança.
	Recebimento e triagem.
	Armazenamento temporário de resíduos não recicláveis.
	Tipo de processamento dos resíduos.
	Layout dos equipamentos.
Local de armazenamento dos produtos gerados.	
<b>Mão de Obra</b>	Quantidade de funcionários;
	Cargos;
	Período de Funcionamento
<b>Administração</b>	Dados relacionados à investimento realizado para a implantação, custos de operação e manutenção;
	Aluguel e compra de equipamentos;
	Receitas;
	Tipo de administração;
<b>Preocupação com o impacto ambiental</b>	Mecanismos utilizados para a minimização do impacto ambiental resultante da instalação da usina de reciclagem.
	Instrumentos de proteção para a vizinhança como cerca viva e árvores.

O conteúdo apresentado no quadro 10 é descrito da seguinte forma:

- a) Quanto à localização e transporte: verificou-se as implantações de acordo com a proximidade das fontes geradoras, proximidade com o mercado dos agregados reciclados, distância com relação às áreas residenciais e centrais, a organização espacial e dimensão/capacidade da área condizente com a demanda, a existência de infraestrutura e o atendimento à NBR 15114 (ABNT, 2004c). Além disso, verificou-se como se dava o transporte entre o local de geração e a usina, entre o local de consumo e a usina e avaliar o custo do local de geração e o aterro;
- b) Quanto às instalações: foi observada a planta, de forma a identificar a organização espacial, a dimensão das edificações, a existência de locais de triagem, cercamento, portões, guarita, edificação para escritório, depósito, vestiário, copa e etc., drenagem superficial, baias de concreto para disposição de resíduos triados, áreas para

disposição de RCC classe D, entrada e distribuição de energia, reservatório elevado de água, rede de distribuição de água, rede de esgoto sanitário, sistema de proteção contra descargas atmosféricas, prevenção e combate a incêndios, sinalização e identificação, paisagismo;

- c) Quanto aos resíduos e produtos gerados: foi feita a verificação da capacidade dessas instalações que é um dos itens mais importantes a serem observados, ou seja, volume e fluxo estimado de resíduos a serem reciclados, a escolha do tipo de produção e quantidade para atender determinada demanda, e verificar se existe controle tecnológico e qualidade sobre a produção, bem como o custo dos agregados e produtos reciclados;
- d) Quanto aos equipamentos: foram analisados os tipos de equipamentos utilizados nessas usinas, a capacidade de processamento que definiu as potências do maquinário e a quantidade a ser utilizada;
- e) Quanto à mão de obra: a identificação da qualificação dos funcionários bem como toda a equipe necessária, número de funcionários, para operar e fazer funcionar essas usinas;
- f) Medidas para minimização dos impactos ambientais: foi observada a existência de cerca viva para promover a contenção de ruído e poeira para melhorar também, conseqüentemente, a imagem do local, se havia cobrimento do piso com material de forma a compactar o solo e reduzir o pó resultante do tráfego dos veículos, se havia revestimento do britador com manta acústica e dos locais de impacto com manta de borracha para reduzir a emissão de ruído, ou preocupação com a redução das alturas de descarga dos materiais nos pontos de transferência e a instalação de aspersores de água nos pontos de entrada e saída de materiais para reduzir a emissão de pó.

Com todas essas informações levantadas foram feitas análises das plantas das usinas de reciclagem de RCC classe A, com a elaboração de fluxogramas das atividades envolvidas no processamento e da organização do layout das edificações, resultando numa proposta de concepção de projeto baseada em dados reais.

### 3.2 Definição dos cenários para análise de instalação de uma usina de reciclagem de RCC

A partir das pesquisas encontradas sobre as experiências de implantação de usinas de reciclagem de RCC no Brasil, como em Miranda, Ângulo e Carelli (2009), foi possível identificar que ainda existem poucas instalações e que a maioria em operação está localizada em municípios de médio a grande porte. Na maioria destes municípios, não em todos, geralmente identifica-se certa preocupação com essa atividade, já que possui planos de gestão e gerenciamento de resíduos em desenvolvimento ou aplicados. Porém, a atividade de construção civil ocorre em todo o território brasileiro, em todos os municípios, principalmente aqueles com taxa de crescimento positiva que indica um crescimento populacional ao longo dos anos, resultando também no desenvolvimento urbano e, conseqüentemente, na geração de resíduos.

Neste sentido, esta pesquisa se propôs a levantar as características populacionais dos municípios do Estado de São Paulo, como um recorte inicial para identificar a demanda de geração de resíduos de RCC. Com uma planilha estimativa da população residente nos municípios brasileiros, disponibilizada pelo IBGE (2018) com data de julho de 2017, foi possível aplicar um filtro para analisar a população dos municípios do Estado de São Paulo, como mostra a tabela 3 abaixo:

**Tabela 3 - Faixa populacional dos municípios do Estado de SP.**

<b>Faixa populacional</b>	<b>N° de municípios</b>	<b>Porcentagem no Estado de SP</b>	<b>População Total</b>
Menos de 2 mil	18	2,79%	29.914,00
Entre 2 e 5 mil	127	19,69%	453.126,00
Entre 5 e 10 mil	123	19,07%	884.547,00
Entre 10 e 20 mil	120	18,60%	1.739.985,00
Entre 20 e 50 mil	120	18,60%	3.878.299,00
Entre 50 e 100 mil	59	9,15%	4.127.393,00
Entre 100 e 200 mil	37	5,74%	5.069.127,00
Entre 200 e 500 mil	32	4,96%	9.988.067,00
Entre 500 mil e 1 milhão	6	0,93%	4.285.946,00
Mais de 1 milhão	3	0,47%	14.638.462,00
<b>Total do Estado</b>	<b>645</b>	<b>100,00%</b>	<b>45.094.866,00</b>

A tabela 3 mostra que 87,90% dos municípios do Estado de São Paulo estão abaixo dos 100.000 habitantes, isto é 9,15% dos municípios apresentam população entre 50 e 100 mil habitantes, 18,60% são os municípios que apresentam população entre 20 e 50 mil habitantes, a mesma porcentagem para a faixa populacional entre 10 e 20 mil habitantes e os 41,55% restantes apresentam população abaixo dos 10 mil habitantes.

Alguns estudos apresentados na revisão bibliográfica apresentaram inviabilidade para usinas de reciclagem de RCC de pequeno porte, porém nesta pesquisa, a intenção é de fato verificar se essa informação se confirma, fazendo uma análise de custo para a aplicação das instalações de uma usina dentre alguns municípios em determinadas faixas populacionais anteriormente citadas.

Antes disso, é necessário também determinar a geração de RCC para cada município escolhido. Assim, foram utilizadas as informações de geração per capita disponibilizadas na pesquisa de Marques Neto (2009) que fez um levantamento sobre gestão e geração de RCC nos municípios localizados na bacia hidrográfica do Turvo Grande.

### 3.2.1 Faixa populacional entre 10 e 20 mil habitantes

Como mencionado anteriormente, utilizou-se de duas fontes de informação para traçar os recortes de estudo da pesquisa. Para os municípios do Estado de São Paulo, com faixa populacional entre 10 e 20 mil habitantes foram colocados na tabela 4 aqueles em que havia dados sobre a geração de RCC na pesquisa de Marques Neto (2009).

**Tabela 4 - Geração de RCC para municípios com faixa populacional entre 10 e 20 mil habitantes.**

Municípios	População <sup>1</sup>	População <sup>2</sup>	Taxa de cresc. Anual (%)	RCC/dia (t) <sup>3</sup>	RCC Per capita (kg/hab/dia) <sup>3</sup>	RCC/dia (t) <sup>3</sup> em 2017
Uchoa	10.047	9.471	0,87	18,06	1,92	19,29
Cajobi	10.444	9.768	0,99	15,78	1,66	17,34
Pirangi	11.323	10.623	0,94	14,20	1,38	15,63
Riolândia	12.086	10.575	2,04	8,52	0,87	10,51
Tabapuã	12.251	11.363	1,12	19,73	1,73	21,19
Cardoso	12.328	11.805	0,63	10,29	0,89	10,97
Palestina	12.542	11.051	1,93	9,90	0,92	11,54
Palmares Paulista	12.730	10.934	2,35	23,15	2,15	27,37
Valentim Gentil	12.800	11.036	2,28	7,89	0,76	9,73
Santa Adélia	15.331	14.333	0,99	19,73	1,39	21,31
Pindorama	16.656	15.039	1,54	26,23	1,79	29,81
Severínia	17.115	15.501	1,49	34,09	2,16	36,97
Monte Azul Paulista	19.234	18.931	0,23	19,88	0,98	18,85

<sup>1</sup> Fonte: IBGE (2017)

<sup>2</sup> Fonte: IBGE (2010)

<sup>3</sup> Fonte: Marques Neto (2009)

Foi destacado, na tabela 4, o município de Severínia com população estimada em 17.115 habitantes em 2017, pela pesquisa de Marques Neto (2009), na faixa populacional dos municípios entre 10 e 20 mil habitantes, foi o que apresentou a maior geração per capita de

RCC com uma taxa de 2,16 Kg/hab/dia, ou seja, na projeção de crescimento populacional para 2017 a geração de RCC por dia é de 36,97 toneladas. Este será o valor utilizado para calcular a demanda de produção nesta faixa populacional.

### 3.2.2 Faixa populacional entre 20 e 50 mil habitantes

O mesmo conceito de análise foi aplicado para obter um município como objeto de estudo para a faixa populacional entre 20 e 50 mil habitantes, conforme tabela 5 apresentada abaixo.

**Tabela 5 - Geração de RCC para municípios com faixa populacional entre 20 e 50 mil habitantes.**

Municípios	População <sup>1</sup>	População <sup>2</sup>	Taxa de cresc. anual (%)	RCC/dia (t) <sup>3</sup>	RCC Per capita (kg/hab/dia) <sup>3</sup>	RCC/dia (t) <sup>3</sup> em 2017
Guapiaçu	20.637	17.869	2,21	32,55	1,92	39,62
Nova Granada	21.071	19.180	1,41	23,27	1,27	26,76
Tanabi	25.723	24.055	0,99	23,26	0,98	25,21
Monte Alto	49.979	46.642	1,02	60,75	1,30	64,97

<sup>1</sup> Fonte: IBGE (2017)

<sup>2</sup> Fonte: IBGE (2010)

<sup>3</sup> Fonte: Marques Neto (2009)

Na tabela 5, na faixa populacional dos municípios entre 20 e 50 mil habitantes, o município de Guapiaçu com população estimada em 20.637 habitantes em 2017, pela pesquisa de Marques Neto (2009), foi o que apresentou a maior geração per capita de RCC com uma taxa de 1,92 Kg/hab/dia, ou seja, na projeção de crescimento populacional para 2017 a geração de RCC por dia seria de 39,62 toneladas. Porém, como o valor ficou próximo ao município de Severínia, da faixa populacional entre 10 e 20 mil habitantes, para a análise apresentar uma variabilidade maior, optou-se por escolher o município de Monte Alto, que com população estimada em 2017 em 49.979 habitantes, com a taxa de geração per capita disponibilizada por Marques Neto (2009) apresentaria uma geração de RCC por dia de 64,97 toneladas. Valor este que será então utilizado para calcular a demanda de produção nesta faixa populacional.

### 3.2.3 Faixa populacional entre 50 e 100 mil habitantes

Na faixa populacional dos municípios entre 50 e 100 mil habitantes, o município de Olímpia com população estimada em 54.037 habitantes em 2017, foi o que apresentou a

maior geração per capita de RCC com uma taxa de 1,56 Kg/hab/dia, segundo Marques Neto (2009), ou seja, na projeção de crescimento populacional para 2017 a geração de RCC por dia seria de 84,30 toneladas. Porém, pelo mesmo motivo mencionado anteriormente, para obter um comparativo com maior diferença entre os parâmetros, optou-se por analisar o município de Votuporanga, destacado na tabela 6, que com população estimada em 2017 em 92.768 habitantes, pela taxa de geração per capita disponibilizada por Marques Neto (2009) de 1,40 Kg/hab/dia, apresentaria uma geração de RCC por dia de 129,88 toneladas. Este será o valor utilizado para calcular a demanda de produção nesta faixa populacional.

**Tabela 6 - Geração de RCC para municípios com faixa populacional entre 50 e 100 mil habitantes.**

Municípios	População <sup>1</sup>	População <sup>2</sup>	Taxa de cresc. anual (%)	RCC/dia (t) <sup>3</sup>	RCC Per capita (kg/hab/dia) <sup>3</sup>	RCC/dia (t) <sup>3</sup> em 2017
<b>Olímpia</b>	54.037	50.024	1,15	76,43	1,56	84,30
<b>Mirassol</b>	58.760	53.792	1,32	76,62	1,43	84,03
<b>Fernandópolis</b>	68.670	64.696	0,88	81,78	1,26	86,52
<b>Votuporanga</b>	92.768	84.692	1,36	115,73	1,40	129,88

<sup>1</sup> Fonte: IBGE (2017)

<sup>2</sup> Fonte: IBGE (2010)

<sup>3</sup> Fonte: Marques Neto (2009)

### 3.3 Definição dos parâmetros e custos para implantação e operação de uma usina de reciclagem de RCC

Para compor toda a análise de viabilidade é necessária a definição de alguns custos. A partir das pesquisas e visitas foi possível identificar os principais fatores de análise de custo que devem ser considerados no estudo da viabilidade da implantação e operação de usinas de reciclagem de RCC.

#### 3.3.1 Custos de implantação

A composição dos custos de implantação de uma usina de reciclagem de RCC, assim como para uma fábrica, inicia-se com a escolha de uma área. O terreno faz parte da infraestrutura necessária para o funcionamento da usina, podendo ser uma área adquirida ou alugada. Depois do terreno é necessário compor custos para a construção de edificações de apoio e o preparo da área para receber a logística do processo, como central administrativa com banheiros e cozinha ou copa, depósito, portaria, base para fixação dos equipamentos além de infraestrutura elétrica, hidráulica e proteção ambiental. Construídas as edificações o

terceiro passo é a aquisição e instalação de todos os equipamentos que fazem parte do processamento de RCC classe A e garantem a produção dos agregados reciclados.

O custo total de implantação pode ser resumido pela seguinte equação:

$$CI = C_t + C_{ei} + C_{mfe} + C_{oc} + C_{leg} \quad (1)$$

Onde:

CI: custo de implantação;

$C_t$ : custo de aquisição do terreno;

$C_{ei}$ : custo de aquisição e instalação dos equipamentos;

$C_{mfe}$ : custo de aquisição de móveis, ferramentas e equipamentos complementares;

$C_{oc}$ : custo de obras civis;

$C_{leg}$ : custo para legalização.

1) Aquisição de terreno: para obter o custo da aquisição do terreno, primeiramente, foi preciso delimitar a área necessária para instalar esse tipo de atividade. Foram levantados os dados de algumas pesquisas que realizaram visitas técnicas em instalações que estavam em operação ou propuseram novas instalações, destacando informações como capacidade de produção da usina (t/dia), a área do terreno, calculando uma proporção entre estes dois dados, para a obtenção de um parâmetro comparativo. Estes dados foram colocados conjuntamente com os dados obtidos durante as visitas técnicas realizadas nesta pesquisa para poder encontrar uma média entre os valores destacados.

A partir da identificação da área necessária para a implantação, foi feita uma pesquisa de mercado para a obtenção de uma média de preço de venda por metro quadrado de terreno para cada município em que foi aplicado o estudo, calculando também os impostos e taxas envolvidas neste tipo de aquisição.

2) Custo de aquisição e instalação dos equipamentos: a partir das pesquisas e visitas técnicas realizadas, foi possível identificar os principais equipamentos necessários para o processamento de resíduos classe A. Além disso foi realizada uma consulta com um fornecedor destacando a questão da viabilidade da implantação de uma usina como essa em municípios de menor porte.

Em conversa com o setor de vendas foi orientado que os equipamentos a serem orçados deveriam ser para uma usina de menor capacidade, a partir da necessidade verificada nos municípios escolhidos para análise, entorno de 10 a 20 t/h de processamento. Porém o fabricante informou que conseguiria elaborar uma proposta mínima de 20 a 30 t/h. Foi então proposto um custo total na capacidade indicada pelo fabricante Máquinas Faria localizado no município de Socorro interior do estado de SP.

3) Custo de aquisição de equipamentos, ferramentas e móveis complementares: além dos equipamentos anteriormente descritos, conforme revisões bibliográficas e nas visitas técnicas realizadas foi possível identificar outros equipamentos necessários no processo de reciclagem, baseados principalmente na pesquisa de Rosa (2005), que são os equipamentos e mobiliário utilizados no escritório, bem como equipamentos de proteção individual e utensílios diversos. Todos obtidos em pesquisa de mercado.

4) Custo de obra civis: as obras necessárias para o desenvolvimento da atividade de reciclagem de resíduos da construção civil envolve cercamento da área com portões de acesso, portaria, edificações de apoio, dispositivos de drenagem superficial, locais de triagem, locais de armazenagem de agregados reciclados, áreas para disposição de outros tipos de resíduos, infraestrutura de energia elétrica, rede de distribuição de água, rede de saneamento, sistema de proteção contra descargas atmosféricas, sistema de proteção ambiental, sistema de prevenção e combate a incêndios, placas de identificação e elementos paisagísticos.

Para definir exatamente as edificações necessárias e a metragem quadrada foram destacadas nas pesquisas encontradas com esse mesmo tema as edificações de apoio utilizadas. Por comparativo, foi possível determinar essas edificações e seu custo foi definido baseado em um índice que é o Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB) disponível para o mês de junho de 2018.

5) Custo para legalização: além dos custos anteriormente especificados, viu-se a necessidade de estipular um custo relacionado à legalização do empreendimento, que envolve a elaboração e aprovação do projeto, o pagamento de taxas em órgãos públicos como prefeituras e no caso do Estado de SP o órgão que emite a Licença de Operação das usinas de reciclagem de RCC que é a CETESB.

### 3.3.2 Custos de operação

Definidos os custos de implantação, que também pode ser denominado como custo de investimento inicial, é preciso levantar os custos necessários para o funcionamento das usinas que envolvem custos com funcionários, custos com despesas fixas e mensais, despesas relacionadas à manutenção dos equipamentos e os impostos que são aplicados em receita e nos fluxos de caixa ao longo da análise de investimentos. A equação que resume esse custo é apresentada abaixo:

$$CO = C_{mo} + C_{dm} + C_{da} + C_{man} + C_{imp} \quad (2)$$

Onde:

CO: custo de operação;

$C_{mo}$ : custos com mão de obra própria;

$C_{dm}$ : custos de despesas mensais;

$C_{da}$ : custos de despesas administrativas;

$C_{man}$ : custos de manutenção dos equipamentos;

$C_{imp}$ : custos com impostos.

1) Mão de obra: a partir das pesquisas e das visitas técnicas foi possível definir os cargos e quantidade de pessoas necessárias para trabalharem na usina. Com essa definição foi então calculados seus respectivos salários e benefícios previstos na legislação brasileira.

2) Custos de despesas mensais: as principais despesas relacionadas ao desenvolvimento dos processos de reciclagem de RCC é a utilização de energia elétrica, o consumo de combustível e o consumo de água.

Para calcular o consumo de um motor elétrico para um determinado período de operação, primeiramente deve-se calcular o consumo do motor para uma hora de operação. Esse consumo é dado em kWh/h (kilowatt-hora por hora) e é calculado conforme a equação abaixo:

$$C = \frac{P \times 0,736}{\text{Rendimento}} \times 100\% \quad (3)$$

Onde:

C: Consumo do motor em uma hora de operação, unidade em Kwh/h

P: Potência mecânica fornecida pelo motor, unidade cavalos (cv)

Rendimento: rendimento em percentual do motor

Por meio de uma tabela, que apresenta o rendimento de motores, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2018) foi possível calcular o consumo dos equipamentos operando durante 8h/dia e 20/dias por mês.

Para o cálculo do valor junto à concessionária foi feita uma pesquisa nas concessionárias que administram a distribuição de energia elétrica em cada município para obtenção do valor da tarifa de consumo de energia.

Para o custo do combustível, neste caso os equipamentos funcionam com o diesel, foi consultado junto ao fabricante o consumo em litros/hora e foi aplicado o valor médio de venda encontrado na pesquisa de mercado em cada município.

O consumo de água foi estimado utilizando um índice de consumo para a quantidade de funcionários trabalhando na usina e foi estipulado um consumo para a utilização de aspersores de água durante um dia trabalhado Para este cálculo também foi aplicada a tarifa de consumo de água da concessionária responsável por cada município.

3) Custos com despesas administrativas: estimado um valor mensal para a utilização de infraestrutura de telefonia e internet, além de custos relacionados às despesas com o escritório administrativo, como materiais de escritório, materiais de limpeza e etc..

4) Custos de manutenção e depreciação dos equipamentos: apesar do fabricante insistir na não necessidade de inserir este custo, afirmando que os equipamentos pela empresa fornecidos não demandam manutenção por pelo menos 10 anos, durante as leituras das pesquisas e nas próprias visitas técnicas foi possível perceber que são equipamentos que demandam manutenção, e que, ao longo do período de operação demandam também a substituição de peças. Por esse motivo, baseado na pesquisa de Moresco (2017) foi aplicada uma taxa de 1% sobre o valor de aquisição dos equipamentos para a manutenção mensal.

5) Custos com relação aos tributos: foram aplicados os impostos sobre receita que são Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) e a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

(COFINS), em percentuais de 0,65%, 3% respectivamente. E sobre o lucro presumido foram aplicados o Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), 15% e 9% respectivamente.

Esses impostos além de terem sido identificados em outras pesquisas também foram definidos a partir de uma consulta com profissionais da área financeira.

### 3.3.3 Receita

Outro fator importante é determinar como será a geração de receita da instalação. As municipalidades podem considerar, na análise de viabilidade, alguns benefícios das instalações de reciclagem, como a economia na destinação de RCC, o transporte para aterros e a economia na aquisição de materiais (NUNES et al., 2007).

Nesta pesquisa optou-se por não utilizar o valor do transporte nas análises, tanto relacionado ao gasto para o envio dos RCC ao centro de reciclagem, quanto à cobrança de entrada desses resíduos para o processamento. Isto se justifica, pois conforme verificado na revisão bibliográfica, é de obrigação do gerador do RCC a correta destinação dos mesmos, ou seja, neste caso, sendo a usina de reciclagem de caráter público ou privado, não terá o gasto com a captação dos resíduos e incentivará a coleta e sua entrada para a reciclagem com a não cobrança de taxas.

Pelas visitas técnicas realizadas foi identificado como receita tanto a produção de artefatos de concreto como também somente a trituração e separação nas diferentes granulometrias para a venda. Este segundo é o mais comumente utilizado e demanda a tecnologia básica de equipamentos e instalações necessários para o desenvolvimento dessa atividade.

A capacidade de geração de RCC identificada para cada município, objetos de estudo desta pesquisa, foi definida como percentual de 85% aquele referente à porcentagem de resíduos denominados classe A, percentual citado anteriormente na revisão bibliográfica. A partir disso, foi realizada uma pesquisa de mercado em todos os municípios sobre o valor de venda dos AN, definida assim uma média sobre o valor de comercialização.

Para ter como atrativa a compra e aplicação dos agregados reciclados produzidos nas usinas foi estabelecido o valor de 50% sobre o valor dos AN como preço de venda para cada município. Além disso, pode ser considerado também como receita não somente a venda, mas quanto o poder público poderia ter de economia com a substituição dos materiais que deveriam ser adquiridos pelos então AR produzidos.

### *3.3.4 Fatores econômicos envolvidos na análise de viabilidade*

A taxa mínima de atratividade utilizada nesta análise é de 6,50%, que foi a taxa média ajustada dos financiamentos apurados pelo Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) no período de análise deste trabalho, que tem como data base junho de 2018.

Já para a atualização dos custos envolvidos no desenvolvimento do projeto foi utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), utilizado para definir as metas de controle de inflação do Governo Federal, neste caso, utilizando o valor dos últimos doze meses de 4,39%.

Com relação ao cálculo do aumento da geração de RCC dos municípios foi utilizada a taxa de crescimento demográfico determinada pelas informações disponibilizadas pelo IBGE para os municípios de Severínia, Monte Alto e Votuporanga.

Aplicando todos esses fatores foi calculado o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), o payback simples e descontado, além da realização de uma análise de sensibilidade aplicando uma variação na porcentagem de geração de RCC, diminuindo para 70%, o dado de entrada dos cálculos em que se baseia a receita.

## **3.4 Análise de investimentos**

A análise de um projeto de investimento deve ser estabelecida através da análise de indicadores econômicos e financeiros.

A viabilidade existe quando há o retorno do capital investido e um retorno sobre o investimento. Como Rebelatto (2004) diz, o processo de decisão sobre a análise de investimento se desenvolve por técnicas da Engenharia Econômica fundamentadas pela Matemática Financeira.

Bordeaux-Rêgo et al. (2013) diz que a análise de resultados é o início para a projeção do fluxo de caixa e o lucro econômico de um projeto que se dá pelo confronto entre as receitas correspondentes às vendas dos bens ou serviços produzidos com as despesas correspondentes em determinado período de tempo. Para estudar a viabilidade econômico-financeira dos projetos é necessário aprender a determinar o fluxo de caixa que deverá ser gerado e, que depende do investimento inicial e da fase de operação do projeto que gera os fluxos de caixa líquidos anuais.

Os juros são a recompensa pelo empréstimo e utilização sobre um determinado valor estipulados antecipadamente entre as partes envolvidas. Sendo assim para o investidor trata-se

de uma remuneração pelo investimento e para o tomador é o custo do capital emprestado (REBELATTO, 2004). Ainda segundo o autor, há dois processos de formação de juros: simples, quando calculados sobre o valor inicial tendo um crescimento linear ao longo do tempo formando uma progressão aritmética (PA) e compostos, quando calculados sobre o valor do montante do período anterior, ou seja, os juros são integralizados ao capital principal e passam a render juros tendo um crescimento exponencial formando uma progressão geométrica (PG).

O fluxo de caixa é um diagrama de movimentação financeira que mostra um conjunto de entradas, valores positivos e saídas, valores negativos, monetários ao longo de certo período de tempo. A fórmula para o cálculo do valor futuro é apresentada a seguir:

$$FV = PV \cdot (1 + i)^n \quad (4)$$

Onde:

FV: valor futuro;

PV: valor presente;

i: taxa de juros;

n: período.

Para ter a segurança num investimento que seja economicamente viável é necessário trabalhar com técnicas de análise de investimentos. A taxa mínima de atratividade (TMA) é a taxa mínima de retorno de capital aceitável para que um projeto econômico seja implementado. O horizonte de investimento é o período decorrido entre a data do investimento inicial e a data final de retorno do capital investido, se apresentando de forma variável nas empresas, pois depende de políticas internas de investimentos, o histórico da empresa, a estrutura, processos administrativos, recursos utilizados, capacidade econômico-financeira e suas estratégias de médio/longo prazo e etc (REBELATTO, 2004).

Depois de definidas as variáveis para análise de custo e para estudar a viabilidade da implantação de usinas de reciclagem serão utilizados diferentes métodos de avaliação de investimento. Em resumo, seus conceitos são apresentados na sequência.

### *3.4.1 Valor presente líquido*

O método do valor presente líquido (VPL), segundo Rebelatto (2004), é o valor atual das entradas de caixa, do retorno de capital esperado, incluindo o valor residual, quando

houver, menos o valor atual das saídas de caixa, que são os investimentos realizados. Se o valor resultante for positivo (receita maior que a despesa) significa que o projeto proporciona uma remuneração com taxa superior à taxa mínima de atratividade (TMA).

Complementando, segundo Bordeaux-Rêgo et al. (2013), o VPL faz uma comparação do investimento realizado com o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto, considerando todos os fluxos de caixa, e não apenas o instante no tempo em que o saldo é positivo, dando uma medida de riqueza adicionada ou destruída, esta quando VPL for menor que zero.

A expressão simplificada para a determinação do VPL para um período de tempo é apresentada na equação 3:

$$VPL = -V_0 + \sum_1^n \left[ \frac{Fc}{(1+i)^n} \right] \quad (5)$$

Onde:

Fc: Fluxo de caixa

V<sub>0</sub>: Investimento inicial

i: taxa de juros = TMA

n: índice do período (meses ou anos)

### 3.4.2 Taxa interna de retorno

Rebelatto (2004) apresenta o método da taxa interna de retorno (TIR) como sendo a taxa de desconto que torna o valor presente líquido (VPL) do investimento igual a zero; também chamada de taxa interna efetiva de rentabilidade. Caso haja vários projetos de investimentos viáveis, o método da taxa interna de retorno conduz à preferência daquele que tiver a TIR mais elevada (pressupondo-se que todos os projetos tenham TIR > TMA).

Como a taxa interna de retorno aparece como uma referência para a tomada de decisão na aceitação ou não de um projeto, a TIR pode ser resumida, conforme Bordeaux-Rêgo et al. (2013):

- Custo de capital < TIR – projeto deve ser aceito (VAL > 0);
- Custo de capital = TIR – indiferença quanto da aceitação ou não (VAL = 0);
- Custo de capital > TIR – projeto deve ser rejeitado (VAL < 0).

Um modo de encontrar esta taxa é sobre o cálculo do VPL aplicando taxas crescentes de juros (i) para verificar qual o valor desta taxa que zera o VPL do projeto, ou seja, é a mesma equação do VPL igualado a zero:

$$VPL = -V_0 + \sum_1^n \left[ \frac{F_c}{(1+TIR)^n} \right] = 0 \quad (6)$$

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido

Fc: Fluxo de caixa

Vo: Investimento inicial

TIR: Taxa interna de retorno

n: índice do período (meses ou anos)

### 3.4.3 Tempo de recuperação do capital descontado

Método do período de retorno do capital (payback): seleciona projetos de investimentos com foco no período de recuperação do capital investido, ou seja projetos com períodos de reposição menor são escolhidos em detrimento daqueles com prazo de recuperação maiores.

Pode ser estabelecido, no caso do investidor, um prazo máximo para a análise da viabilidade do projeto. O valor aplicado é adicionado, à taxa de juros escolhida, período a período aos fluxos de caixa gerados para obter o tempo de recuperação do investimento inicial (BORDEAUX-RÊGO et al., 2013). Ou seja, o payback corresponde ao período de tempo necessário para que as entradas de caixa se igualem ao valor do investimento inicial, que é o prazo para a recuperação de um investimento (LIMA , et al. 2013).

### 3.4.4 Análise de sensibilidade

O método da análise de sensibilidade basicamente está relacionado à formulação “e se” para a verificação da variabilidade dos resultados do projeto conforme variação de determinado fator crítico. Ou seja, a qual fator crítico o VPL é mais sensível, por exemplo, variando o dado relacionado à geração de receita, como resultará o VPL e se o projeto continuará viável em determinada condição (BORDEAUX-RÊGO et al., 2013).

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Visitas técnicas

As visitas técnicas às usinas de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto e Bady Bassitt foram realizadas no mês de maio e tiveram como objetivo a verificação dos processos, equipamentos e implantação conforme informações analisadas durante a revisão bibliográfica e destacas no subcapítulo 3.1, como será mais bem exemplificado na sequência.

#### *4.1.1 Usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto*

O município de São José do Rio Preto, segundo IBGE (2017) conta com uma população estimada em 450.657 habitantes com uma densidade demográfica de 945,12 hab/km<sup>2</sup> abrangendo uma área territorial de 431,944 km<sup>2</sup> e apresentando uma taxa de urbanização de 94,76%, ou seja, no ranking do Estado de São Paulo é o 12º município em população.

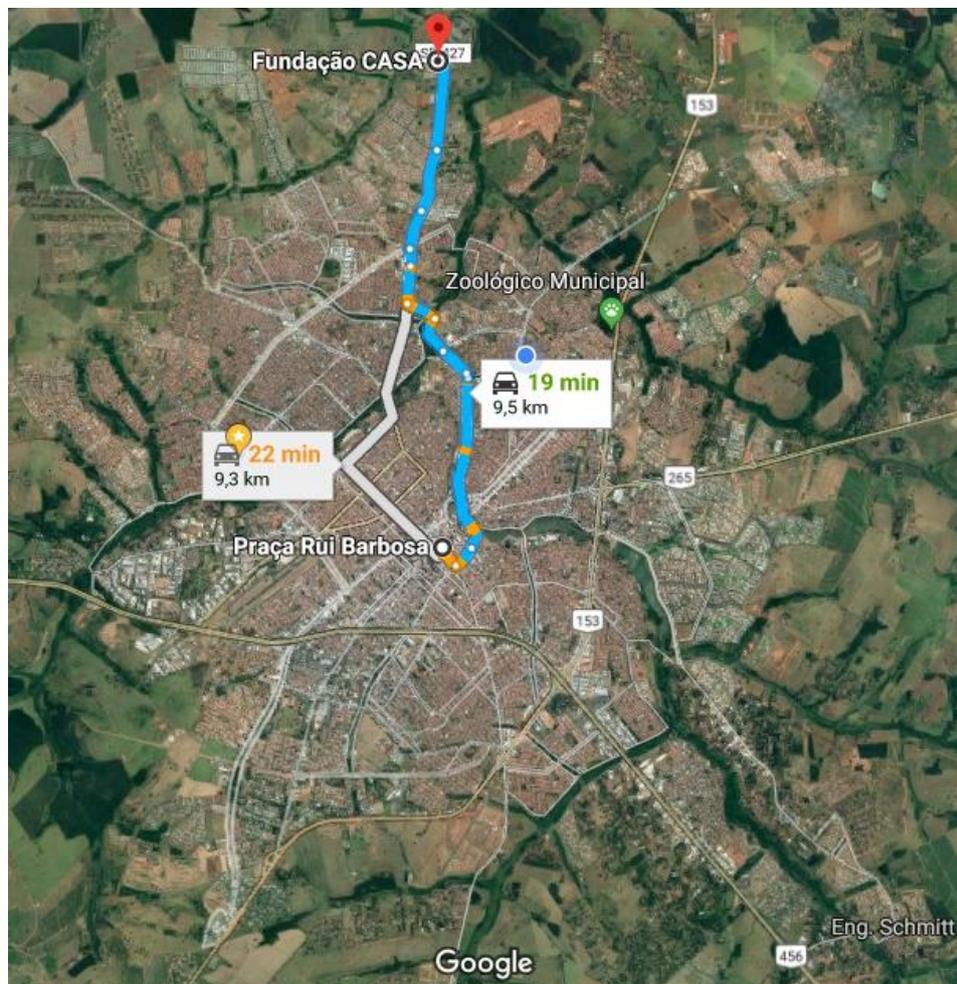
Segundo Marques Neto (2009), com uma geração per capita de RCC em 3,08 kg.hab/dia, foi um dos primeiros municípios a implantarem um plano de gestão de resíduos da construção civil que incluiu uma rede de pontos de apoio para a captação de pequenos volumes de RCC e resíduos volumosos para descarte voluntário em pontos estratégicos da cidade; rede de áreas para a recepção e triagem de grandes volumes de RCC, além de ações de controle e fiscalização.

Além disso, a Prefeitura do município decidiu por implantar uma usina de reciclagem de RCC a partir de 2004, constatando a utilização dos Pontos de Apoio pela população que fazia o descarte dos resíduos da construção civil captados, por meio da entrega voluntária feita pelos pequenos geradores (moradores) ou por carroceiros contratados por frete para retirada desse material (SILVA, 2012).

A usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto foi implantada no ano de 2005 com um investimento inicial de aproximadamente R\$ 1 milhão com terreno doado pelo poder público. Há princípio tendo o objetivo de atender toda a população da cidade, passou a ser instrumento de uso somente da prefeitura, dos RCC gerados em suas próprias obras, e dos pontos de apoio mencionados anteriormente, que apesar de receberem pequenas quantidades de resíduos da população é uma rede de coleta administrada pela prefeitura.

Durante a visita foram observados os aspectos relacionados à sua implantação e operação que são apresentados da seguinte forma:

1) Localização e transporte: a instalação encontra-se próxima às fontes geradoras, já que apresenta conforme figura 7, uma distância aproximada do centro da cidade de 9,5 Km, de acordo com o recorte do mapa apresentado da cidade. Não está localizada dentro de áreas residenciais, pois está mais afastada dos núcleos urbanos, mas mantém a proximidade e fácil acesso por meio de avenidas principais e pela localização na Rodovia Délcio Custódio da Silva, ou seja, conta com a infraestrutura local de urbanização necessária para seu funcionamento.



**Figura 7 - Localização da usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto**  
Fonte: Google Maps (2018).

A instalação conta também com uma fábrica para produção de artefatos de concreto como guias, bancos, tubos, blocos, que utilizam os agregados reciclados produzidos no local. Ou seja, seu mercado consumidor está no mesmo local e tem como saída dos agregados

reciclados sua própria administração que utiliza os produtos produzidos em obras de benfeitoria municipal.

Com relação aos custos relacionados ao transporte entre o local de geração e a usina, entre as obras de consumo dos produtos e a usina e o custo do local de geração e o aterro não foi possível obter parâmetros, mas dentro da logística de recebimento e produção percebe-se que a administração pública se beneficia com a diminuição das deposições ilegais de resíduos pela cidade, pela alimentação da usina com a entrada desses resíduos, e pela produção que é utilizada em fábrica própria de artefatos de concreto de agregados reciclados.

2) Instalações: a área que recebeu a implantação da usina é de 48.000 m<sup>2</sup> contando com locais de triagem, cercamento, portões, guarita, edificação para escritório, depósito, vestiário, copa e etc., áreas para disposição de resíduos triados, áreas para disposição de RCC classe D, entrada e distribuição de energia, reservatório elevado de água, rede de distribuição de água, rede de saneamento, sistema de proteção contra descargas atmosféricas, prevenção e combate a incêndios, sinalização e identificação, paisagismo. Na figura 8 é possível identificar os locais mencionados:



**Figura 8 - Planta de representação das instalações da usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto.**

Pela representação é possível identificar a organização das instalações, com identificação da numeração em preto. No item 1 está a portaria que controla a entrada e saída de pessoas e veículos; em 2 o estacionamento para funcionários ou pessoas externas, ambos

exemplificados na figura 9; em 3 encontra-se a edificação de apoio, com aproximadamente 100 m<sup>2</sup> de construção que abrange escritório, vestiários, banheiros, copa e depósito, conforme figuras 10 a 13; em 4 está a usina propriamente dita, com todos os equipamentos para processamento dos resíduos que garantem a eficiência da unidade recicladora, como mostra a figura 14 e em 5 é apresentada a fábrica que produz os artefatos de concreto, conforme figuras 15 e 16.



**Figura 9 - Portaria e estacionamento da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**



**Figuras 10 e 11 - Edificação de apoio da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**



**Figuras 12 e 13 - Escritório e planta da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

Foi interessante verificar, por meio das figuras 12 e 13, que apesar de não contar com todos os elementos representados em projeto, a usina foi planejada e projetada com vários detalhes inclusive contando com um sistema de drenagem e aspersores de água de forma a minimizar os impactos ambientais decorrentes de seu funcionamento. Apenas para destacar essa questão, não foi possível obter os projetos por meio digital para entender melhor seu funcionamento.



**Figura 14 - Equipamentos da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**



**Figuras 15 e 16 - Fábrica de artefatos de concreto da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

3) Resíduos e produtos gerados: em conversa com o responsável técnico, o mesmo informou que a usina recebe em média cerca de 3.000 toneladas de resíduos por mês e sua capacidade de produção é de 80 t/h, sendo que toda a sua produção abastece a fábrica de artefatos de concreto. Com a pré-triagem realizada nos pontos de apoio, a porcentagem de outros tipos de resíduos, que não classe A, dentro a composição dos resíduos é a proporção de 10% sobre o total recebido. Não foi possível obter o custo de produção dos agregados reciclados e nem dos produtos produzidos, já que a empresa não faz a venda externa.



**Figuras 17 e 18 - Bica corrida e brita produzidas na fábrica da usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente.**



**Figuras 19, 20 e 21- Tubos, caixas de passagem, tampas e obstáculos de concreto produzidos na fábrica da usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente.**



**Figuras 22, 23 e 24 - Guias, bancos e blocos de concreto produzidos na fábrica da usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente.**

4) Equipamentos: são utilizados na produção o caminhão, pá carregadeira, grelha vibratória, alimentador, esteira com eletro íma, britador de impacto e esteiras transportadoras móveis e fixas, painel de comando, além de ferramentas como pá, enxada, carriola e picareta.

Para entender melhor o funcionamento e as máquinas utilizadas, pela implantação apresentada anteriormente foi identificado o fluxograma do processo de reciclagem de RCC, apresentado na figura 25.

Pelo fluxograma, a usina funciona da seguinte forma: na legenda em vermelho identificado como número 1 são representados os caminhões que entram na usina e passam pela portaria para serem inspecionados pelo responsável por esse serviço para a verificação do material transportado, sendo autorizada ou não a descarga. Em caso de recusa, os resíduos com predominância de outros tipos de materiais que não classe A, devem, então, seguir para a destinação adequada.



Figura 25 - Fluxograma do processo de produção da usina de reciclagem de RCC de SJRP.



Figura 26 - Entrada e verificação de carga na usina de reciclagem de RCC de SJRP.

A partir da descarga é feita a triagem inicial, na legenda em vermelho identificada como número 2, com a separação de caçambas com predominância de resíduos de concreto, resíduos cerâmicos e maior teor de solos, pois depois de processados apresentam utilização diferentes.



**Figura 27 - Pilhas para triagem inicial na usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

Já na separação principal, com o espalhamento do material no solo, é feita a quebra de resíduos maiores, por meio de picareta, quando necessário, sendo separados os materiais recicláveis como madeira, plásticos, papéis e metais, para serem enviados às usinas de reciclagem específicas, bem como rejeitos a serem destinados posteriormente para aterros licenciados, no fluxograma é o item 3.



**Figura 28 - Pilha de rejeitos na usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

Os resíduos selecionados são encaminhados então para o processamento, item 4 da legenda de cor vermelha, seguindo então para o alimentador por meio de pás carregadeiras para ser britado e triturado em fragmentos de agregados de dimensão menor. Ao sair do britador, o material segue pela correia transportadora para que seja feita a retirada do material ferroso pelo separador magnético.



**Figura 29 - Equipamentos alimentador vibratório, esteira com eletroímã e britador de impacto, da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

Pode ser feito o retorno ao britador para que o material ainda com dimensão maior seja novamente fragmentado, mas a maioria dos processos, retirados os metais, o material é separado por peneiras vibratórias e encaminhados em suas respectivas pilhas por novas correias transportadoras. Essas etapas fazem parte do item 5.

Esse transporte de correia é apoiado em rodas para que seja feita a locomoção em trajetória circular sobre a guia de concreto, como mostra a figura 30.

Além do empilhamento pela correia transportadora, para uma melhor separação granulométrica são utilizadas as peneiras vibratórias com baias de concreto, responsáveis por separar e armazenar os agregados reciclados em diferentes faixas granulométricas. A armazenagem temporária é representada pelo item 6 no fluxograma.



**Figura 30 - Correia transportadora da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**



**Figura 31 - Peneira vibratória e baias de concreto da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

No caso da usina de São José do Rio Preto o material é encaminhado diretamente para a fábrica de artefatos de concreto, para ser utilizado como material na produção de guias,

blocos, bancos, tubos, entre outros, como já mencionado. Na planta esse encaminhamento é representado pelo item 7. Na figura 32, é possível identificar o local de passagem dos caminhões que chegam para descarregar os resíduos, e o mesmo local utilizado para encaminhar os agregados reciclados para a fábrica de artefatos de concreto.



**Figura 32 - Local de passagem dos caminhões da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

- 5) Mão de obra: com relação à qualificação e ao número de funcionários trabalhando na instalação, o responsável técnico informou que são 7 trabalhadores envolvidos, sendo 1 motorista interno, 3 operadores de máquina pesada e 3 auxiliares de serviços gerais, estes auxiliando tanto nos serviços externos como separação de resíduos, como internos, limpeza do escritório de apoio.
- 6) Medidas para minimização dos impactos ambientais: em todo o perímetro da área foi possível identificar uma proteção arbustiva contra poeira e ruídos. Ou seja, cerca viva para promover a contenção de ruído e poeira de forma a melhorar também a imagem do local. O responsável técnico informou também que fazem a utilização de aspersores de água acoplados aos pontos de entrada e saída dos resíduos e materiais, que são os pontos mais críticos com relação à emissão de pó.



**Figuras 33 e 34 - Vegetação perimetral da usina de reciclagem de RCC de SJRP.**

No fluxograma são identificadas as áreas verdes 1 e 2, além da constatação também da utilização de caminhões pipa para auxiliar na redução da poeira devido à ampla área da instalação.



**Figuras 35 e 36 - Área de vivência e placa informativa na usina de reciclagem de RCC de SJRP, respectivamente.**

Algumas particularidades foram observadas durante a visita, além do responsável técnico pela instalação se mostrar interessado tanto com a usina quanto com o trabalho desempenhado, foi verificado algumas outras preocupações como locais de vivência para o descanso dos funcionários, identificação da vegetação nativa existente e placas informativas sobre o meio ambiente.

#### *4.1.2 Usina de reciclagem de RCC em Bady Bassitt*

A segunda visita técnica foi realizada numa usina de RCC localizada na cidade de Bady Bassitt, município a cerca de 17 km de São José do Rio Preto. Ao contrário da usina anteriormente apresentada, esta é uma empresa de caráter privado.

Segundo seus administradores a usina de reciclagem de entulho surgiu da necessidade de um local apropriado para o descarte dos entulhos da construção civil para a região de São José do Rio Preto, com instalação adequada e legalmente autorizada pela CETESB. Contou com um investimento inicial próximo a R\$ 1 milhão tendo como tempo de funcionamento aproximadamente 5 anos. Além de atuar com a reciclagem do entulho e venda dos agregados reciclados, a empresa oferece a coleta desses resíduos com a locação de caçambas e também de caminhões.

Com o objetivo de analisar as mesmas características da usina de reciclagem de São José do Rio Preto, foram observados os aspectos relacionados à sua implantação e operação que são apresentados da seguinte forma:

1) Localização e transporte: a instalação encontra-se próxima às fontes geradoras, mais precisamente na divisa entre três municípios, Bady Bassitt, São José do Rio Preto e Mirassol, e conforme a figura 37, apresenta uma distância aproximada do centro de São José do Rio Preto de 13 Km, de acordo com o recorte do mapa apresentado. Afastada dos núcleos urbanos, é de fácil acesso por meio de Rodovias como a BR-153 e a Estrada Vicinal que liga os municípios de Bady Bassitt e Mirassol, contando com infraestrutura necessária para seu funcionamento.

Com relação aos custos relacionados ao transporte a empresa tem como receita a cobrança pela locação e recebimento de entulho, sendo cobrada em média R\$ 150,00 por aluguel de caçamba com volume de 3 m<sup>3</sup>. Além também de lucrar com o aluguel de caminhões e outras máquinas de terraplenagem.

2) Instalações: a instalação em área de 50.000 m<sup>2</sup> conta com locais de triagem, cercamento, portões, guarita, edificação para salas de escritório, banheiros, refeitório, copa e etc., áreas para disposição de resíduos triados, áreas para disposição de RCC classe D, entrada e distribuição de energia, rede de distribuição de água, rede de saneamento, prevenção e combate a incêndios, sinalização e identificação, paisagismo. Na figura 38 são identificadas as instalações da usina

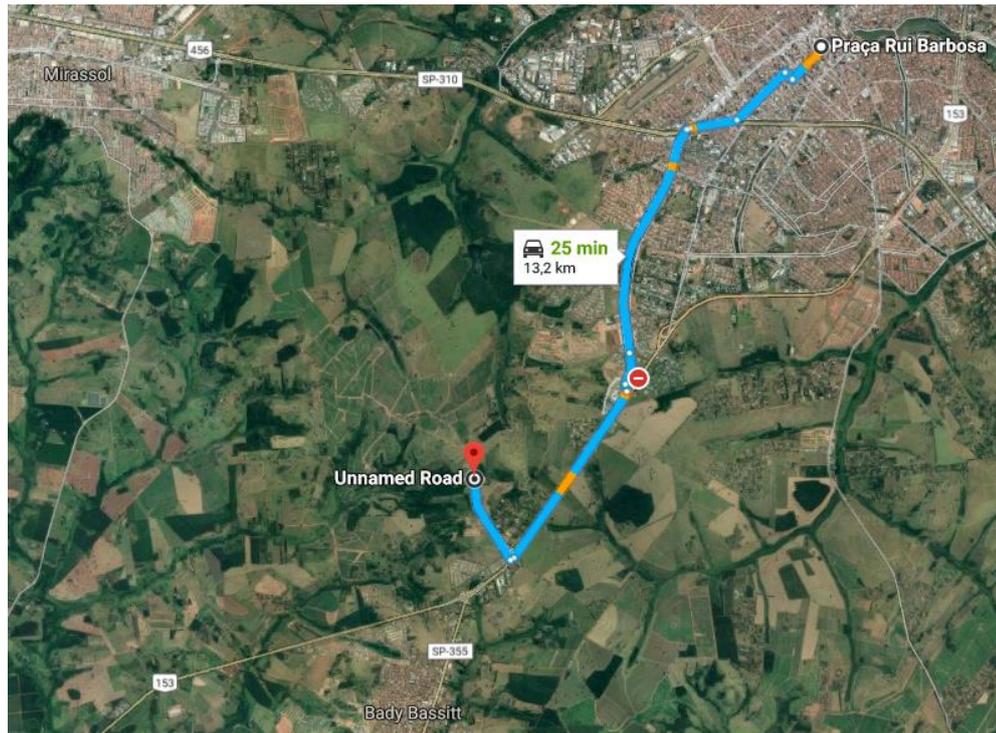


Figura 37 - Localização da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.  
Fonte: Google Maps (2018).



- |                                     |   |                                |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|
| 1-PORTARIA                          | 1-VERIFICAÇÃO DE CARGA                                  | 1-ÁREA VERDE                   |
| 2-ESTACIONAMENTO LIVRE              | 2-DESCARREGAMENTO E TRIAGEM INICIAL                     | 2-BARREIRA DE PROTEÇÃO VEGETAL |
| 3-ESTACIONAMENTO FUNCIONÁRIOS       | 3-TRIAGEM PRINCIPAL E ENCAMINHAMENTO PARA PROCESSAMENTO | 3-CAMINHÕES PIPA               |
| 4-ESCRITÓRIO/APOIO                  | 4-TRITURADOR, IMÃ, PENEIRAMENTO                         |                                |
| 5-OFFICINA MECÂNICA                 | 5-SEPARAÇÃO POR GRANULOMETRIA                           |                                |
| 6-EQUIPAMENTOS DE PROCESSAMENTO RCC | 6-ARMAZENAGEM TEMPORÁRIA                                |                                |
| 7-CAÇAMBAS                          | 7-SAÍDA/VENDA DE AGREGADOS REICLADOS                    |                                |
| 8-ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO REJEITOS |   |                                |

Figura 38 - Planta de representação das instalações da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.

Com o mesmo tipo de representação utilizada na visita anterior, foi possível identificar a organização das instalações com a legenda de numeração em preto. No item 1 está a portaria que controla a entrada e saída de pessoas e veículos; no item 2 o estacionamento livre para clientes e funcionários e 3 o estacionamento para a administração. No item 4 encontra-se a edificação do escritório da empresa de aproximadamente 160 m<sup>2</sup>, com salas, banheiros, refeitório, copa e depósito, conforme figura 39.



**Figuras 39 - Edificação de apoio da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**

Diferente da usina de reciclagem de São José do Rio Preto, esta contava com um galpão denominado de oficina mecânica, item 5 na legenda, com profissionais capacitados para desenvolver o trabalho de manutenção e conserto de todas as máquinas da empresa.



**Figuras 40 - Oficina mecânica da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**

Como mostrado na planta, o item 6 é o maquinário completo para o processamento dos resíduos, como mostra a figura 41.



**Figura 41 - Equipamentos da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**

3) Resíduos e produtos gerados: esta usina opera com capacidade de produção de 100 t/h, sendo que dos resíduos coletados 65% são entulho, classe A e os outros 35% são os outros tipos de resíduos, classes B, C e D.

Durante a visita guiada pelo local, a administradora citou como produtos reciclados a areia, brita 1, brita 2, pedriscos, bica corrida e terra vermelha, sendo vendidos em média pelo valor de R\$ 30,00/m<sup>3</sup>, um valor competitivo se comparado ao valor médio de R\$ 80,00/m<sup>3</sup> do agregado natural na região.



**Figuras 42 e 43 - Areia e brita produzidas na usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt, respectivamente.**

4) Equipamentos: foram identificados no processamento de resíduos a pá carregadeira, o alimentador, a esteira de triagem, britador de mandíbula, esteiras, separador magnético e peneira vibratória.

Pela planta esquemática apresentada a seguir é possível identificar o fluxo do processo de reciclagem de RCC:



Figura 44 - Planta esquemática da produção da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.

Com a mesma logística apresentada na usina de reciclagem de RCC de São José do Rio Preto, na legenda em vermelho identificado como número 1 trata-se da verificação de carga na passagem pela portaria com inspeção pelo responsável por esse serviço para a verificação do material transportado, sendo autorizada ou não a descarga. Neste caso, quando é verificado os resíduos com predominância de outros tipos de materiais que não classe A, pode ser cobrada uma taxa maior para a entrada dos resíduos, já que a própria usina deverá redirecionar o descarte adequado para os mesmos.

Com a entrada é feito o descarregamento e a triagem inicial, na legenda em vermelho identificado como número 2, com a separação de caçambas com predominância de resíduos de concreto, resíduos cerâmicos e maior teor de solos que serão processados separadamente.

Na triagem principal é feita a quebra de resíduos maiores, por meio de martelo hidráulico, quando necessário, sendo separados os materiais recicláveis como madeira, plásticos, papéis e metais, para serem enviados às usinas de reciclagem específicas, bem como rejeitos a serem destinados para áreas licenciadas, e assim é feito o encaminhamento para o processamento, conforme item 3 da planta.



**Figuras 45 e 46 - Triagem e encaminhamento para processamento na usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**

Os resíduos selecionados seguem então para o alimentador por meio de pás carregadeiras para ser britado e triturado em fragmentos de agregados de dimensão menor. Posteriormente o material segue pela correia transportadora para que seja feita a retirada do material ferroso pelo separador magnético, conforme item 4.



**Figura 47 - Equipamento alimentador vibratório da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**



**Figura 48 - Esteiras transportadoras e britador de mandíbula da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**

O material é separado pelas peneiras vibratórias e encaminhado em suas respectivas pilhas de armazenamento temporário por esteiras transportadoras, conforme itens 5 e 6 da legenda, respectivamente.



**Figura 49 - Esteira transportadora e pilha de bica corrida da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**



**Figura 50 - Esteira transportadora e pilhas de brita da usina de reciclagem de RCC de Bady Bassitt.**

A figura 50 mostra uma melhor separação granulométrica realizada pelas peneiras vibratórias, que separam e armazenam os agregados reciclados em diferentes faixas granulométricas. A partir dessa etapa os agregados tem saída da reciclagem pela venda dos produtos reciclados, sendo então transportados para o local de consumo.

5) Mão de obra: por se tratar de empresa privada, envolvendo outros setores como administrativo, recursos humanos e comercial, a quantidade de funcionários registrados é

maior que a instalação de São José do Rio Preto. O responsável técnico informou que no total trabalhavam na empresa cerca de 30 funcionários, sendo 10 trabalhadores envolvidos diretamente no funcionamento da usina, 2 operadores de máquina pesada, 1 encarregado geral e o restante auxiliares de serviços gerais trabalhando principalmente nos processos de triagem da reciclagem.

6) Medidas para minimização dos impactos ambientais: assim como na usina de reciclagem de RCC pública, em todo o perímetro da área foi possível identificar uma proteção arbustiva contra poeira e ruídos. O responsável técnico também informou sobre a utilização de aspersores de água na área de operação e utilização de caminhões pipa, identificados na planta.

#### 4.1.3 Considerações sobre as visitas técnicas

A partir dessas visitas foi possível identificar que as instalações apresentaram-se praticamente iguais, com a mesma área, mesmo tipo de processamento, equipamentos utilizados e com o mesmo tipo de planta de desenvolvimento das etapas de reciclagem dos RCC classe A, conseqüentemente de produção do agregado reciclado. Essa afirmação pode ser confirmada no quadro 11 que apresenta uma comparação entre os dados das duas instalações.

**Quadro 11 - Comparação entre as usinas de reciclagem de RCC de SJRP e Bady Bassitt.**

Usinas	São José do Rio Preto	Bady Bassitt
Administração	Pública	Privada
Área de terreno	48.000 m <sup>2</sup>	50.000 m <sup>2</sup>
Área construída	100 m <sup>2</sup>	160 m <sup>2</sup>
Capacidade	80 t/h	100 t/h
Produtos	Bica corrida, pedras e areia	Bica corrida, pedras e areia
Edificações de apoio	Portaria, escritório, copa, vestiários, depósito. Aprox. 100 m <sup>2</sup> de construção.	Portaria, escritório com diversas salas, refeitório, banheiros, depósito. Aprox. 160 m <sup>2</sup> de construção
Equipamentos	Pá carregadeira, caminhão, alimentador e grelha vibratória, eletroímã, britador de impacto, 2 esteiras transportadoras móveis, 3 esteiras transportadoras fixas, painel de comando e ferramentas.	2 pás carregadeira, esteira de triagem, alimentador vibratório, 2 britadores de mandíbula, separador magnético, peneira vibratória e 8 esteiras transportadoras
Mão de obra	1 motorista; 3 operadores de máquina pesada; 3 auxiliares de serviços gerais.	1 motorista interno; 2 operadores de máquina pesada; 1 encarregado e 6 auxiliares de serviços gerais.
Proteção ambiental	Áreas verdes, vegetação perimetral, aspersores de água e caminhões pipa.	Áreas verdes, vegetação perimetral, aspersores de água e caminhões pipa.

Com o intuito de identificar os principais aspectos envolvidos na elaboração da implantação de usinas de reciclagem de RCC foi então proposto um fluxograma de desenvolvimento das atividades de produção, já que foram identificadas etapas durante o processo bem parecidas nas duas instalações, inclusive também verificadas durante a revisão bibliográfica anteriormente apresentada.

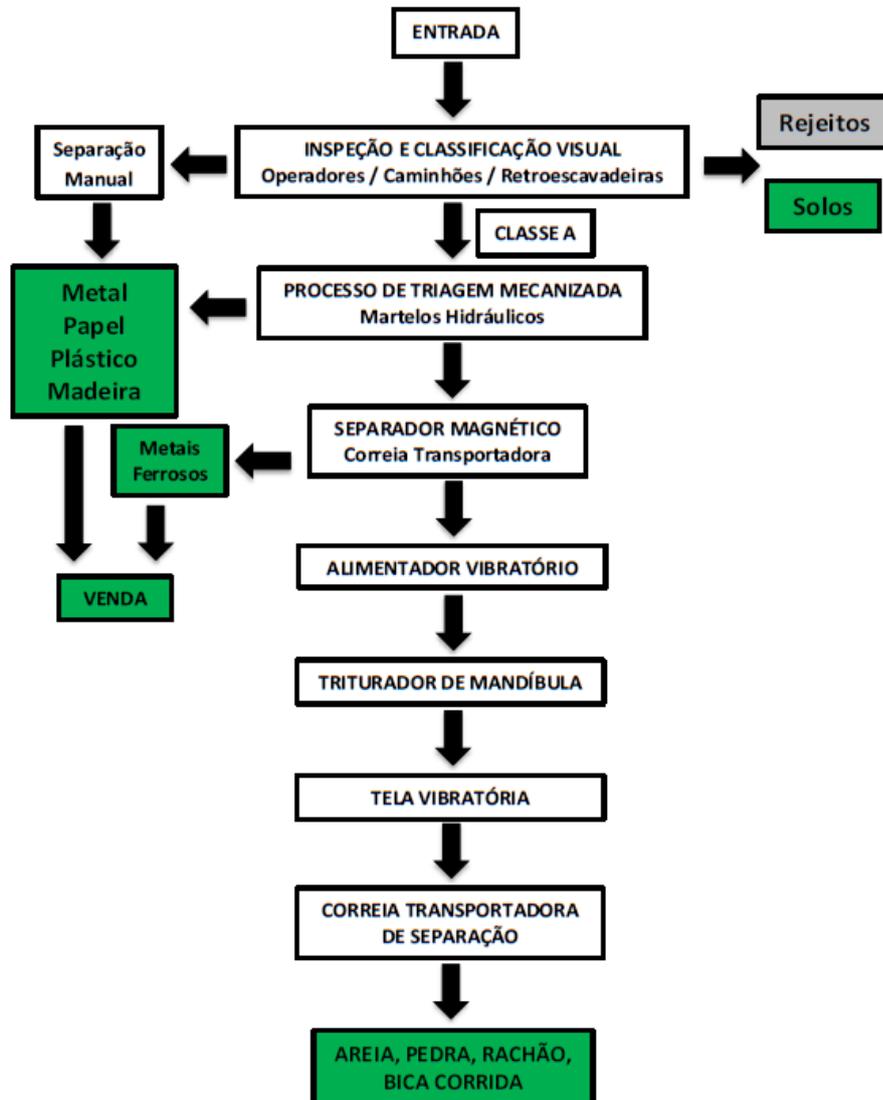


Figura 51 - Fluxograma geral de produção de uma usina de reciclagem de RCC.

Com a realização de um fluxograma e com as plantas de processos identificadas durante as visitas técnicas foi possível elaborar um projeto básico para o desenvolvimento da atividade de reciclagem de RCC classe A. É uma proposta base que pode auxiliar na elaboração de instalações desse porte. A figura 52 apresenta esse projeto em menor escala, porém sua representação completa encontra-se nos apêndices deste trabalho.

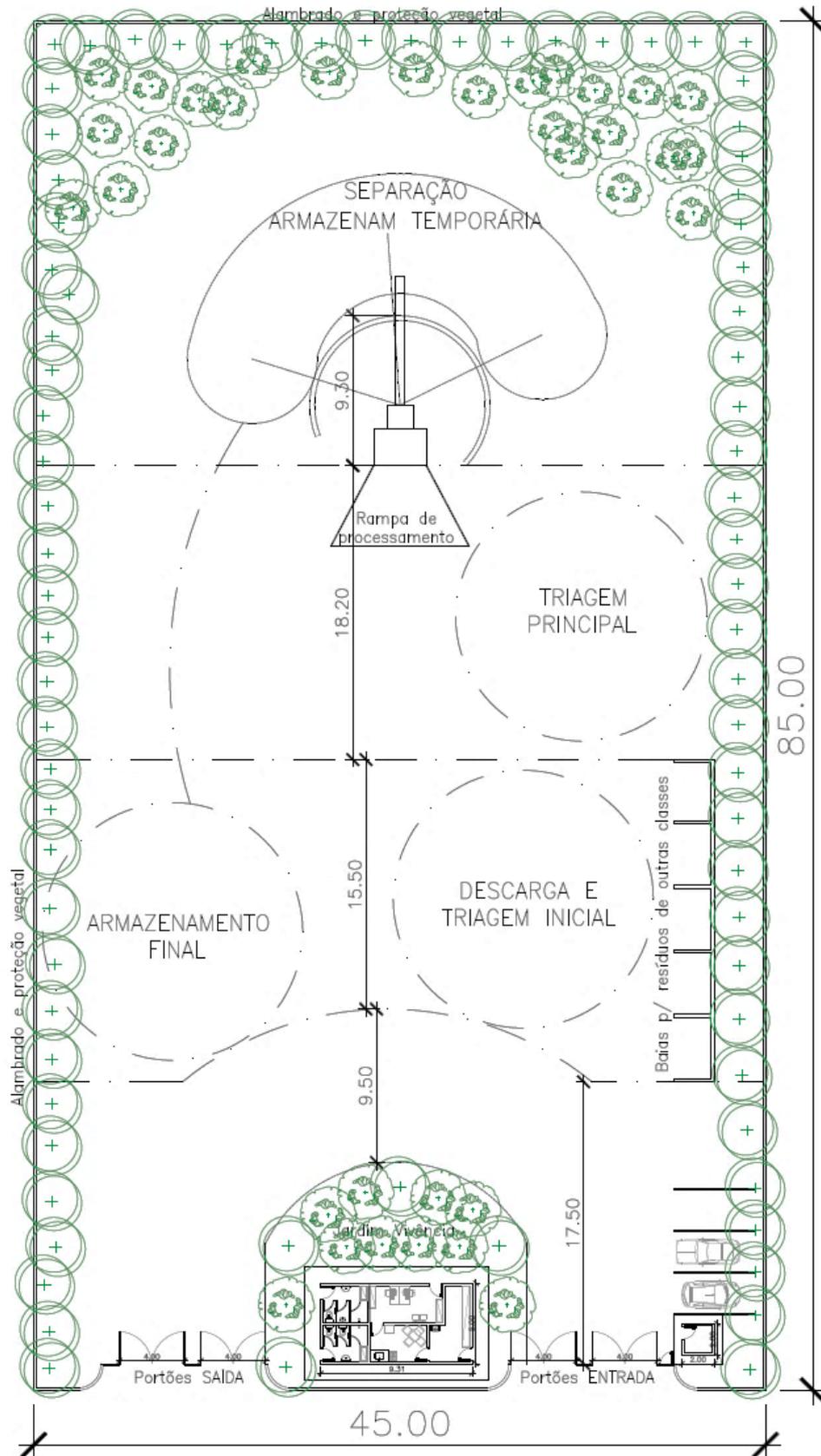


Figura 52 - Projeto básico – planta de usina de reciclagem de RCC classe A.

Vale ressaltar que a área de terreno e área construída propostas neste projeto foram baseadas nas definições para a elaboração dos parâmetros dos estudos de caso apresentados nos subcapítulos 4.2 e 4.3 a seguir.

#### 4.2 Definição da capacidade operacional e área para cada usina de reciclagem de RCC

Durante o desenvolvimento da metodologia foram definidos os estudos de caso para a aplicação das análises de investimento da implantação de uma unidade de usina de reciclagem de RCC classe A. Os municípios selecionados foram Severínia, Monte Alto e Votuporanga todos localizados no interior do Estado de SP.

Para dar início ao levantamento de custos foi necessário calcular a demanda de produção dos agregados reciclados que influencia também na delimitação da área necessária para a implantação dessas instalações. Esta foi determinada a partir de uma análise comparativa entre instalações de usinas de reciclagem de RCC propostas em outras pesquisas, como pode ser visto no quadro 12 abaixo:

**Quadro 12 - Comparativo de áreas de usinas de RCC propostas em pesquisas.**

Cidade	Novo Hamburgo/RS <sup>1</sup>		João Pessoa/PB <sup>2</sup>	Lençóis Paulista/SP <sup>3</sup>	Florianópolis <sup>4</sup>	SJRP <sup>5</sup>	Bady Bassitt <sup>5</sup>
<b>Capacidade (t/dia)</b>	50	75	20	25	25	80	100
<b>Terreno (m<sup>2</sup>)</b>	12.000	16.000	17.741	10.000	13.000	48.000	50.000
<b>Proporção (m<sup>2</sup>/t)</b>	240	213,33	887,05	400	520	600	500

Fontes:

<sup>1</sup> Moresco (2017)

<sup>2</sup> Sobral (2012)

<sup>3</sup> Esguícero (2010)

<sup>4</sup> Rosa (2005)

<sup>5</sup> Informações obtidas nas visitas técnicas realizadas durante esta pesquisa.

Foram comparados os dados de cinco instalações propostas em pesquisas realizadas, em conjunto com as instalações investigadas durante as visitas técnicas. Viu-se que há uma grande variação entre as usinas implantadas no que diz respeito à proporção entre a metragem quadrada e a capacidade de produção, que foi um índice proposto para poder avaliar as plantas e sua dimensão. Por exemplo, no caso de Novo Hamburgo/RS, sua unidade com capacidade de 75 t/h em área de 16.000 m<sup>2</sup> apresentou a proporção de 213,33 m<sup>2</sup>/t. Em contrapartida, a unidade de João Pessoa/PB com capacidade de 20 t/h numa área de 17.741 m<sup>2</sup> apresentou a proporção de 887,05 m<sup>2</sup>/t.

As usinas de São José do Rio Preto e Bady Bassitt também apresentaram um elevado índice de 600 m<sup>2</sup>/t e 500 m<sup>2</sup>/t, respectivamente, e foi possível perceber que já eram áreas

maiores do que a demanda realmente necessária, principalmente para a usina de São José do Rio Preto, que durante a visita foram identificados locais pouco utilizados.

Por isso, optou-se por utilizar a média calculada entre todas as proporções que foi de aproximadamente 480 metros quadrados por tonelada. Este valor foi então aplicado na geração apontada para cada município como mostra a tabela 7.

**Tabela 7 - Cálculo de área por geração de RCC**

<b>Municípios</b>	<b>Capacidade (tonelada/dia)</b>	<b>Capacidade (t/h)</b>	<b>Terreno (m<sup>2</sup>)</b>
Severínia	36,97	5	2.400,00
Monte Alto	64,97	8	3.840,00
Votuporanga	129,88	16	7.680,00

Verificadas as áreas necessárias para cada planta de usina de reciclagem de RCC classe A a ser implantada, foi então necessário realizar o cálculo da produção dos AR conforme apresenta a tabela 8:

**Tabela 8 - Cálculo da produção de agregados reciclados para os estudos de caso**

<b>Municípios</b>	<b>Geração de RCC (tonelada/dia)</b>	<b>RCC classe A (t/dia)</b>	<b>Produção total (t/ano)</b>
Severínia	36,97	31,42	7.541,88
Monte Alto	64,97	55,22	13.253,88
Votuporanga	129,88	110,40	26.495,52

Assim como mencionado na definição dos parâmetros sobre a receita, o valor de geração de RCC para cada município abrange todas as classes de resíduos. Porém, os estudos de caso tratam-se da implantação de uma usina de reciclagem de RCC classe A, por isso foi utilizada a taxa de 85% sobre a geração diária para a determinação da quantidade desse tipo de resíduo especificamente. Foi considerado para o cálculo da produção total o funcionamento das usinas durante 20 dias por mês durante os 12 meses do ano. Com base nesse valor, será então calculado o valor de receita, entrada do fluxo de caixa, para cada município.

#### *4.2.1 Valores de receita*

Foi definido, durante a metodologia, que o valor de receita a ser utilizado nas análises de viabilidade econômica seria resultante da venda dos agregados reciclados, com a proposta de um valor 50% menor que o valor encontrado em pesquisa mercadológica dos agregados naturais em cada município. Ou seja, no município de Severínia foi encontrado com o valor de R\$ 74,50 o m<sup>3</sup> do agregado natural, já no município de Monte Alto o valor foi de R\$ 95,00 e no município de Votuporanga o agregado natural teve o valor médio de R\$ 111,50.

Como a venda dos agregados é feita na metragem cúbica, foi necessária a transformação das unidades, para isso foi utilizada a densidade proposta por Pinto (1999) que é de 1,2 toneladas/m<sup>3</sup>. Assim, o valor de receita inicial aplicado sobre as capacidades encontradas é mostrado na tabela 9 a seguir:

**Tabela 9 - Cálculo da receita sobre o valor de venda dos AR**

Municípios	Produção (t/ano)	(m <sup>3</sup> /ano)	Valor AR (R\$/m <sup>3</sup> )	Valor total (R\$/ano)
Severínia	7.541,88	6.284,90	R\$ 37,25	R\$ 234.112,53
Monte Alto	13.253,88	11.044,90	R\$ 47,50	R\$ 524.632,75
Votuporanga	26.495,52	22.079,60	R\$ 55,75	R\$ 1.230.937,70

### 4.3 Cálculo dos custos para implantação e operação das usinas de reciclagem de RCC para os três estudos de caso

A partir dos parâmetros definidos durante a metodologia, neste subcapítulo serão demonstrados os cálculos sobre os custos de implantação e operação para os três estudos de caso escolhidos.

#### 4.3.1 Custos de implantação

1) Aquisição de terreno: com a definição da metragem quadrada dos terrenos a serem implantadas as usinas de reciclagem foi feita uma pesquisa de mercado para obter o custo por metro quadrado para compra de terrenos em cada município. Além disso foi aplicado o imposto de transmissão de bens imóveis (ITBI) e o custo para registro dos imóveis conforme uma tabela de ofícios de registros de imóveis disponível na Central Registradores de Imóveis (2018). Os custos para a aquisição dos terrenos é apresentado na tabela 10 a seguir:

**Tabela 10 - Custos para aquisição do terreno para os estudos de caso**

Municípios	Terreno (m <sup>2</sup> )	Valor/m <sup>2</sup>	Compra do terreno	do ITBI <sup>1</sup>	Registro <sup>2</sup>	Total
Severínia	2.400,00	R\$ 35,00	R\$ 84.000,00	R\$ 1.680,00	R\$ 1.312,29	R\$ 86.992,29
Monte Alto	3.840,00	R\$ 30,00	R\$ 115.200,00	R\$ 2.304,00	R\$ 1.287,11	R\$ 118.791,11
Votuporanga	7.680,00	R\$ 50,00	R\$ 384.000,00	R\$ 7.680,00	R\$ 2.263,50	R\$ 393.943,50

<sup>1</sup> Imposto de Transmissão de Bens Imóveis – 2% do valor do imóvel

<sup>2</sup> De acordo com a comarca responsável por cada município.

A tabela 10 mostra que para a aquisição de um terreno de 2.400 m<sup>2</sup> em Severínia é preciso desembolsar o valor de R\$ 86.992,29, já em Monte Alto um terreno de 3.840 m<sup>2</sup> apresenta um

valor de R\$ 118.791,11 e em Votuporanga é necessário o valor de R\$ 393.943,50 para a compra de um terreno de 7.680 m<sup>2</sup>.

2) Custo de aquisição e instalação dos equipamentos: com a definição da capacidade das instalações e dos equipamentos necessários para o desenvolvimento da atividade de reciclagem de RCC classe A foi feita uma consulta junto ao fabricante Máquinas Faria localizado no município de Socorro interior do estado de SP, que apresentou sua proposta conforme informações apresentadas no quadro 13.

**Quadro 13 - Proposta de equipamentos e custo para a usina de reciclagem de RCC classe A.**

Equipamento	Código	Quant.	Dados Técnicos	Valor
Alimentador vibratório de triagem	AVT.MT.01/0804	1	Motor 20 cv Weg 1750 RPM (4 pólos trifásicos), redução 1.100 rpm, com base e plataforma de acesso.	R\$ 550.000,00
Esteira transportadora de triagem	ETT.MF.01/0804	1	Motor 7,5 cv Weg (4 pólos trifásicos), com base, plataforma, bica de entrada e saída e cobertura de telhado de zinco.	
Esteiras transportadoras	ET.MF.01/0804	4	Motor 5 cv Weg (4 pólos trifásicos), redução 1/25, com base, plataforma e acoplamento de corrente.	
Britador de mandíbula	BM.MF.01/0804	1	Motor 20 cv Weg (trifásico), redução 500 rpm, com base e plataforma sob medida.	
Peneira vibratória	PV.MF.01/0804	1	Motor 5 cv Weg (trifásico 4 pólos), com base, plataforma de acesso e três decks com granulometria a definir.	
Esteira magnética	EM.MF.01/0804	1	Motor 3 cv Weg 1750 rpm (4 pólos trifásico), redução 1/20 rpm, com base e suporte de instalação.	
Painel de controle elétrico	PCE.MF.01/0804	1	1 disjuntor 100 AMP, 01 disjuntor de 60 AMP, 01 chave Lombard de 50 cv, 1 de 5 cv, 1 de 3 cv, 1 de 7,5 cv e caixa de comando.	

Estava incluso na proposta a instalação e o treinamento inicial para a operação dos equipamentos, porém não foi possível obter um valor de transporte para todas as cidades estudadas. Por isso foi considerado um adicional de 5% sobre o custo de aquisição para o transporte por se tratar de maquinário pesado que implica em um transporte especializado. Então o custo de aquisição e instalação dos equipamentos foi de:

$$C_{ei} = R\$ 577.500,00$$

3) Custo de aquisição de móveis, ferramentas e equipamentos complementares: além dos equipamentos anteriormente descritos, conforme revisões bibliográficas e nas visitas técnicas realizadas foi possível identificar outros dois equipamentos necessários no processo de reciclagem de RCC: a pá carregadeira e o martelo hidráulico ou picareta.

Rosa (2005) destacou que o equipamento pá carregadeira deve apresentar a dimensão da pá 25% menor que a dimensão da abertura do alimentador vibratório. Neste caso a pá deve ter dimensão máxima de 2,25 m, já que o alimentador tem 3 m de largura. Em pesquisa mercadológica, a partir dessa orientação, foi possível encontrar a pá carregadeira, equipamento seminovo com ano de fabricação de 2017 num valor aproximado de R\$ 150.000,00.

Para o martelo hidráulico, foi considerado o custo de um equipamento de utilização manual e de menor porte por essas instalações não necessitarem de rompimento de grandes estruturas de resíduos de concreto. Neste sentido, o preço encontrado para o equipamento novo foi de R\$ 5.000,00.

Também baseada na pesquisa de Rosa (2005), foi utilizada uma tabela para a obtenção dos custos com mobiliário, eletrodomésticos, eletrônicos, bem como equipamentos de proteção individual e utensílios diversos, custos estes que complementam as despesas necessárias para a implantação do escritório administrativo. Estes custos são exemplificados na tabela 11:

**Tabela 11 - Custos de ferramentas, equipamentos e mobiliários.**

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unit</b>	<b>Custo total</b>
Ferramentas pequeno porte	Conjunto	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Carriolas	3	R\$ 95,00	R\$ 285,00
Pás	4	R\$ 30,00	R\$ 120,00
Enxadas	2	R\$ 32,00	R\$ 64,00
<b>EPIs</b>			
Capacetes	10	R\$ 30,00	R\$ 300,00
Luvas de raspa de couro	10	R\$ 7,20	R\$ 72,00
Botas de borracha	10	R\$ 36,00	R\$ 360,00
Uniforme	10	R\$ 74,00	R\$ 740,00
Protetor auricular	10	R\$ 20,90	R\$ 209,00
Protetor Visual	10	R\$ 18,70	R\$ 187,00
<b>Equipamentos de escritório</b>			
Computador	2	R\$ 1.500,00	R\$ 3.000,00
Impressora	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Telefone	1	R\$ 90,00	R\$ 90,00
<b>Móveis de escritório</b>			
Mesa	2	R\$ 170,00	R\$ 340,00
Cadeira	4	R\$ 110,00	R\$ 440,00
Mesa impressora	1	R\$ 90,00	R\$ 90,00
Armário	2	R\$ 230,00	R\$ 460,00
<b>Equipamentos de cozinha</b>			
Microondas	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Geladeira	1	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
Fogão	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Filtro	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
<b>Móveis de cozinha</b>			
Mesa plástica com 4 cadeiras	1	R\$ 210,00	R\$ 210,00
Armário	1	R\$ 280,00	R\$ 280,00
Utensílios de cozinha	Conjunto	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Utensílios de limpeza	Conjunto	R\$ 100,00	R\$ 100,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 10.597,00</b>

Todos esses valores foram verificados em consulta via internet, a partir de uma média dos valores encontrados. A somatória de todos os móveis, ferramentas e equipamentos complementares é:

$$C_{mfe} = R\$ 165.597,00$$

4) Custo com obras civis: a partir dos dados encontrados nas pesquisas e dos dados levantados durante as visitas técnicas foi possível elaborar um quadro para a verificação das edificações comumente utilizadas nas instalações, bem como a área de construção de cada uma.

**Quadro 14 - Comparativo de edificações de apoio**

Fontes dos dados	Moresco (2017)	Esgúicero (2010)	Rosa (2005)	Visita - SJRP	Visita – Bady Bassitt
Edificações e ambientes	Administração	Guarita	Guarita	Portaria	Portaria
	Sanitários	Administração	Administração	Escritório	Salas de escritório
	Vestiário	Vestiários	Vestiário com banheiro	Vestiários e sanitários	Banheiros
	Refeitório	Refeitório		Copa	Refeitório
	Cozinha	Sala de comando	Depósito	Depósito	Depósito
		Deck em alvenaria	Telheiro com baias e outras instalações		
Área (m <sup>2</sup> )	160	-	93 m <sup>2</sup> as edificações e 150 m <sup>2</sup> as baias	100	160

Com a elaboração do quadro 14 foram então propostas as edificações para as usinas a serem implantadas e suas respectivas áreas de construção. Para as áreas da administração, vestiário, copa, depósito e portaria foram utilizados para o cálculo do custo de construção o Custo Unitário Básico no Estado de São Paulo (CUB, 2018), para edificação residencial padrão baixo de código R-8, e para as baias de concreto, foi utilizada a mesma base, porém o custo de galpão industrial de código GI, ambos com data base de junho de 2018. Além disso, como não é possível detalhar e quantificar as outras instalações necessárias como obras de drenagem, cercamento vegetal, portão, e etc., foi aplicada uma taxa de 20% sobre o total calculado das edificações como mostra a tabela 12.

**Tabela 12 - Custos das edificações e obras civis.**

Edificações	Área	Custo Unitário	Custo Total
Administração	12	R\$ 1.085,28	R\$ 13.023,36
Vestiário com banheiro	15	R\$ 1.085,28	R\$ 16.279,20
Copa	9	R\$ 1.085,28	R\$ 9.767,52
Depósito	10	R\$ 1.085,28	R\$ 10.852,80
Portaria	4	R\$ 1.085,28	R\$ 4.341,12
Baias de concreto	50	R\$ 705,84	R\$ 35.292,00
Outras instalações			R\$ 17.911,20
<b>Total</b>			<b>R\$ 107.467,20</b>

5) Custos legais: a legalização do empreendimento envolve a elaboração e aprovação do projeto, o pagamento de taxas em órgãos públicos como prefeituras e no caso do Estado de SP o órgão que emite a Licença de Operação das usinas de reciclagem de RCC que é a CETESB. Por se tratar de um valor variável, envolvendo projetistas, órgãos municipais e a região a ser implantada a usina, foi estipulada uma taxa de 1% sobre a somatória dos custos anteriores de implantação contabilizados.

A partir disso, foi aplicada a fórmula do custo de implantação que sintetiza os custos para os municípios, estudos de caso desta pesquisa, apresentados na tabela 13:

**Tabela 13 - Custos de Implantação para os estudos de caso.**

	Severínia	%	Monte Alto	%	Votuporanga	%
C <sub>t</sub>	R\$ 86.992,29	9,19	R\$ 118.791,11	12,13	R\$ 393.943,50	31,34
C <sub>ei</sub>	R\$ 577.500,00	60,99	R\$ 577.500,00	58,99	R\$ 577.500,00	45,94
C <sub>mfe</sub>	R\$ 165.597,00	17,49	R\$ 165.597,00	16,91	R\$ 165.597,00	13,17
C <sub>oc</sub>	R\$ 107.467,20	11,35	R\$ 107.467,20	10,98	R\$ 107.467,20	8,55
C <sub>leg</sub>	R\$ 9.375,56	0,99	R\$ 9.693,55	0,99	R\$ 12.445,08	0,99
CI	R\$ 946.932,05	100	R\$ 979.048,86	100	R\$ 1.256.952,78	100

Onde:

CI: custo de implantação;

C<sub>t</sub>: custo de aquisição do terreno;

C<sub>ei</sub>: custo de aquisição e instalação dos equipamentos;

C<sub>mfe</sub>: custo de aquisição de móveis, ferramentas e equipamentos complementares;

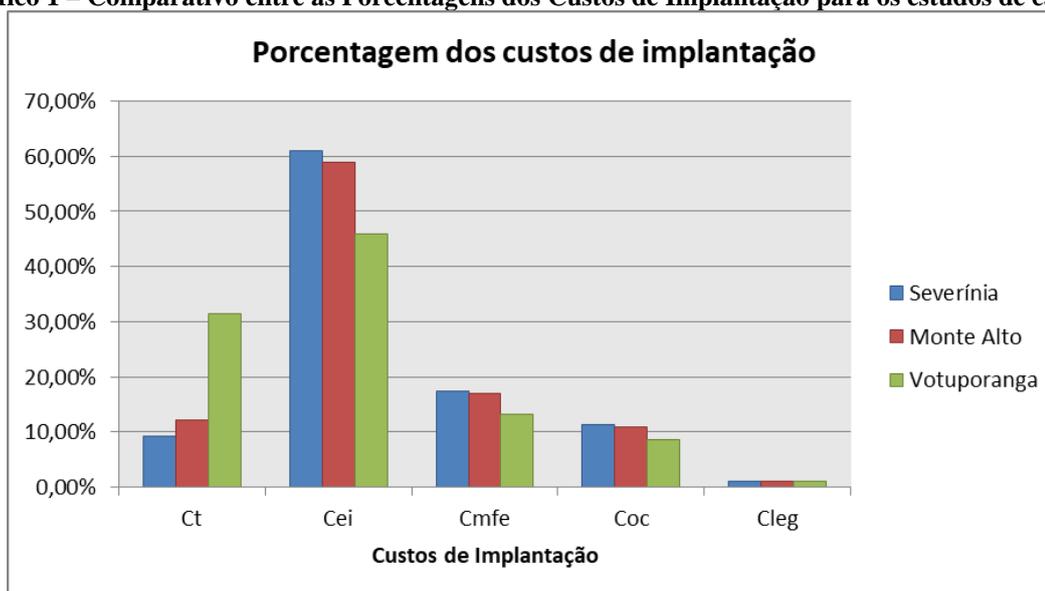
C<sub>oc</sub>: custo de obras civis;

C<sub>leg</sub>: custo para legalização.

Com o resumo dos custos apresentados na tabela 13 verifica-se que a única diferença sobre o custo de implantação da usina de reciclagem de RCC classe A, para os três estudos de caso, é com relação ao custo do terreno. Ou seja, definidos os padrões necessários para esse tipo de instalação, os equipamentos, as edificações, os mobiliários, as ferramentas e a legalização apresentam valores quase que igualitários. Neste ponto, já nota-se que a usina que apresentar maior produção sobre a capacidade instalada terá maior sucesso econômico, já que o custo de implantação apresenta-se o mesmo, porém a receita sobre a produção será maior.

Um comparativo destes custos também pode ser mais bem visualizado no gráfico 1 a seguir:

**Gráfico 1 – Comparativo entre as Porcentagens dos Custos de Implantação para os estudos de caso.**



#### 4.3.2 Custos de operação

1) Mão de obra: a partir das pesquisas e das visitas técnicas foi elaborado um quadro comparativo que possibilitou a posterior definição dos cargos e quantidade de trabalhadores necessários para operarem a usina.

É possível perceber, conforme as informações do quadro 15, que a variação entre os dados é ampla, por exemplo, no caso das usinas propostas nas pesquisas, a de Rosa (2005) com capacidade de produção de 25 t/h apresentou uma relação de 14 funcionários e em Sobral (2012) com capacidade de produção de 20 t/h a lista foi ainda maior, com 18 funcionários. Porém, durante as visitas técnicas verificou-se que esse quantitativo não é necessário já que as instalações de capacidade de 80 e 100 t/h apresentaram o quadro de funcionários com 7 e 10 pessoas, respectivamente.

Assim, foram propostos os cargos e a quantidade de funcionários vistos como realmente necessários para colocarem a usina em funcionamento. Com essa definição foi então calculados seus respectivos salários e benefícios previstos na legislação brasileira, como mostra a tabela 14.

Os valores inseridos na tabela foram retirados de uma base salarial disponível na internet (TABELA SALARIAL, 2018), durante o mês de junho, que contém cargos e salários atualizados de acordo com o valor de salário pago aos profissionais no ato da contratação e na demissão, ou seja, o salário oficial registrado em carteira ou informado como último salário do trabalhador pelas empresas, com um amplo banco de registros em constante atualização.

**Quadro 15 - Comparativo de funcionários de usinas de reciclagem de RCC instaladas**

Fontes	Função	Quantidade	Total	Capacidade (t/h)
Rosa (2005)	Responsável técnico	1	14	25
	Encarregado de inspeção de cargas recebidas	1		
	Encarregados da triagem dos resíduos	5		
	Operador do equipamento de britagem	1		
	Operador do eletroímã	1		
	Auxiliar de manutenção	1		
	Operador de pá carregadeira	1		
	Faxineiro	1		
	Recepcionista	1		
	Gerente administrativo	1		
Esguícero (2010)	Funcionários	3	4	25
	Operador de pá carregadeira	1		
Sobral (2012)	Coordenador	1	18	20
	Fiscal de pátio	2		
	Agente de Limpeza	3		
	Mecânico de máquinas	1		
	Operador de máquinas	2		
	Motorista	1		
	Vigilante/Recepcionista	6		
	Auxiliar administrativo	1		
	Serviços gerais/limpeza	1		
	Visita SJRP	Motorista		
Operadores de máquina pesada		3		
Auxiliares de serviços gerais		3		
Visita Bady Bassitt	Motorista interno	1	10	100
	Operadores de máquina pesada	2		
	Encarregado	1		
	Auxiliares de serviços gerais	6		

**Tabela 14 - Custo de mão de obra anual para as usinas dos estudos de caso**

Funcionários	Quant.	Salário Anual	13°	Férias <sup>1</sup>	FGTS <sup>2</sup>	INSS <sup>3</sup>	TOTAL
Responsável técnico - engenheiro civil	1	63.940,68	5.328,39	1.776,13	5.115,25	7.033,47	83.193,93
Gerente administrativo	1	32.356,68	2.696,39	898,80	2.588,53	2.912,10	41.452,50
Operadores de máquina de construção civil e mineração	3	16.141,44	1.345,12	448,37	1.291,32	1.291,32	20.517,56
Motorista caminhão	1	15.504,72	1.292,06	430,69	1.240,38	1.240,38	19.708,22
Oficial de Serviços Gerais	2	11.448,00	954,00	318,00	915,84	915,84	14.551,68
Encarregado de construção civil	1	25.058,52	2.088,21	696,07	2.004,68	2.255,27	32.102,75
<b>TOTAL</b>							<b>211.526,65</b>

<sup>1</sup> 1/3 do salário<sup>2</sup> 8% sobre o salário anual<sup>3</sup> Contribuição social: 8% para salários até R\$ 1.693,72; 9% para salários entre R\$ 1.693,73 a R\$ 2.822,90 e 11% para salários entre R\$ 2.822,90 até R\$ 5.645,80.

Para o cálculo, foram considerados no custo de mão de obra o 13° salário, férias, FGTS e a contribuição social, que totaliza:

Cmo = R\$ 211.526,65.

2) Custos de despesas mensais: com a fórmula do consumo de motores elétricos foi calculado o consumo por hora de todos os equipamentos em funcionamento na usina de reciclagem de RCC classe A, conforme o quadro 16.

**Quadro 16 - Consumo de energia elétrica dos equipamentos (kwh)**

Equipamento	Quant.	Dados Técnicos	Rendimento	Consumo por hora
Alimentador vibratório de triagem	1	Motor 20 cv Weg 1750 RPM (4 pólos trifásicos)	90,20	16,32 kwh
Esteira transportadora de triagem	1	Motor 7,5 cv Weg (4 pólos trifásicos)	88,00	6,27 kwh
Esteiras transportadoras	4	Motor 5 cv Weg (4 pólos trifásicos)	85,50	17,22 kwh
Britador de mandíbula	1	Motor 20 cv Weg (trifásico)	90,20	16,32 kwh
Peneira vibratória	1	Motor 5 cv Weg (trifásico 4 pólos)	85,50	4,30 kwh
Esteira magnética	1	Motor 3 cv Weg 1750 rpm (4 pólos trifásico)	83,00	2,66 kwh
Martelo hidráulico	1	Tensão: 220V, potência: 1600 W (2cv) e Golpes por minuto: 1450 GPM	81,00	1,82 kwh

Os equipamentos utilizados na usina, durante o período de 1h, totalizaram um consumo de 64,91 kwh. Para obter o consumo anual foi considerado o funcionamento durante 8h/dia e 20 dias/mês, obtendo um consumo de 124.627,20 kwh/ano.

Para a obtenção do custo com o consumo de energia para cada estudo de caso foi feita uma pesquisa sobre as concessionárias administradoras de distribuição de energia elétrica em cada município, nos casos de Severínia e Monte Alto é a empresa Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) e em Votuporanga é a empresa Elektro Distribuidora de Energia. Com a definição das concessionárias foi verificada a tarifa por kwh de consumo elétrico que deveria ser aplicada sobre o consumo dos equipamentos. Estes cálculos são apresentados na tabela 15.

**Tabela 15 - Custo de consumo de energia elétrica para os estudos de caso.**

Município	R\$/Kwh	Consumo Total (Kwh/ano)	Custo Total
Severínia	R\$ 0,275	124.627,20	R\$ 34.272,48
Monte Alto	R\$ 0,275	124.627,20	R\$ 34.272,48
Votuporanga	R\$ 0,297	124.627,20	R\$ 37.075,35

Além do custo com o consumo elétrico há também o custo com combustível utilizado pela pá carregadeira que é de 8litros/h segundo consulta ao fabricante. Aplicando este valor à

mesma quantidade de operação dos equipamentos foi verificado um consumo de 15.630 litros de diesel por ano.

Foi feita, então, uma pesquisa para obter o custo do litro do diesel em cada município, que neste caso foi uma pesquisa em postos de combustível locais durante o mês de junho. Os cálculos são apresentados na tabela 16.

**Tabela 16 - Custo de consumo de diesel para os estudos de caso**

<b>Municípios</b>	<b>R\$/litro do diesel</b>	<b>Consumo anual</b>	<b>Custo Total</b>
Severínia	R\$ 3,19	15360	R\$ 48.998,40
Monte Alto	R\$ 3,49	15360	R\$ 53.606,40
Votuporanga	R\$ 3,17	15360	R\$ 48.742,40

Para finalizar o cálculo dos custos de consumo mensais foi necessário estimar o consumo de água dessas instalações. Para o consumo dos funcionários foi utilizada uma taxa de 50 m<sup>3</sup> por funcionário por hora (FECOMÉRCIO, 2014). Para a amenização dos impactos resultantes da movimentação dos resíduos, como pó, é necessária a utilização de aspersores de água ou caminhões pipa. O consumo de água, neste caso, se baseou na utilização de um caminhão pipa de 20 mil m<sup>3</sup> por dia de funcionamento, já que durante as visitas técnicas foi verificada a utilização deste recurso. A tabela 17 exemplifica estes cálculos.

**Tabela 17 - Custo de consumo de água para os estudos de caso**

<b>Municípios</b>	<b>R\$/m<sup>3</sup> de água</b>	<b>Consumo anual (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo Total</b>
Severínia	R\$ 4,14	4.908	R\$ 20.319,12
Monte Alto	R\$ 10,15	4.908	R\$ 49.816,20
Votuporanga	R\$ 15,93	4.908	R\$ 78.184,44

As taxas por metro cubico de consumo de água foi obtido realizando a mesma pesquisa relacionada com a energia elétrica. Foram pesquisadas as concessionárias que administram cada região, no caso de Severínia trata-se do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), em Monte Alto a empresa é a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e a empresa de Superintendência de Água, Esgotos e Meio Ambiente de Votuporanga (SAEV).

3) Custos de despesas administrativas: estimado um valor mensal de R\$200,00 para a utilização de infraestrutura de telefonia e internet, além de custos relacionados às despesas com o escritório administrativo, como materiais de escritório, materiais de limpeza e etc., totalizando um custo anual de R\$2.400,00.

4) Custos de manutenção dos equipamentos: durante a realização das visitas técnicas foi possível perceber que os equipamentos demandam manutenção, e que, ao longo do período de operação também necessitam de substituição de peças. Por esse motivo, foram utilizados os parâmetros para cálculo deste custo de 1% sobre o valor de aquisição dos equipamentos para a manutenção mensal, totalizando em um ano um custo de R\$ 69.300,00.

A somatória dos custos de operação para cada município é apresentada na tabela 18:

**Tabela 18 - Custos de Operação anual para os estudos de caso.**

	<b>Severínia</b>	<b>%</b>	<b>Monte Alto</b>	<b>%</b>	<b>Votuporanga</b>	<b>%</b>
C <sub>mo</sub>	R\$ 211.526,65	54,68	R\$ 211.526,65	50,25	R\$ 211.526,65	47,30
C <sub>dm</sub>	R\$ 103.590,00	26,78	R\$ 137.695,08	32,71	R\$ 164.002,19	36,67
C <sub>da</sub>	R\$ 2.400,00	0,62	R\$ 2.400,00	0,57	R\$ 2.400,00	0,54
C <sub>man</sub>	R\$ 69.300,00	17,92	R\$ 69.300,00	16,46	R\$ 69.300,00	15,50
C <sub>imp</sub>	-		-		-	
<b>CO</b>	<b>R\$ 386.816,65</b>	<b>100</b>	<b>R\$ 420.921,73</b>	<b>100</b>	<b>R\$ 447.228,84</b>	<b>100</b>

Onde:

CO: custo de operação;

C<sub>mo</sub>: custos com mão de obra própria;

C<sub>dm</sub>: custos de despesas mensais;

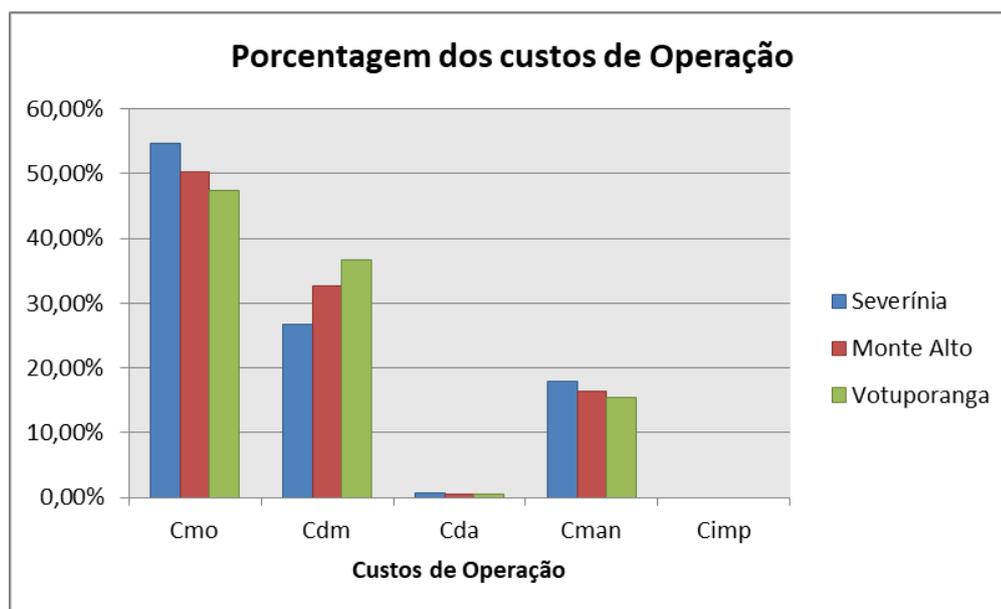
C<sub>da</sub>: custos de despesas administrativas;

C<sub>man</sub>: custos de manutenção dos equipamentos;

C<sub>imp</sub>: custos com impostos.

Os custos apresentados na tabela 18 destacam que a variação das despesas operacionais está relacionada aos custos dependentes dos valores locais. E o comparativo entre as porcentagens dos custos de operação para cada município é apresentado no gráfico 2:

**Gráfico 2 - Comparativo entre as Porcentagens dos Custos de Operação para os estudos de caso.**



Fazendo um comparativo entre a relação do custo de operação sobre o custo de implantação entre os municípios dos estudos de caso, apresentado na tabela 19, é possível observar que no caso de Monte Alto, este apresentou um custo de operação mais elevado se comparado ao custo de Severínia. Já para o caso de Votuporanga, aonde o custo de implantação foi mais elevado, o custo de operação representou o menor percentual, sendo de 35,58%.

**Tabela 19 – Comparativo entre Custos de Operação X Custos de Implantação.**

	<b>Severínia</b>	<b>Monte Alto</b>	<b>Votuporanga</b>
<b>CO</b>	R\$ 386.816,65	R\$ 420.921,73	R\$ 447.228,84
<b>CI</b>	R\$ 946.932,05	R\$ 979.048,86	R\$ 1.256.952,78
<b>CO/CI</b>	40,85%	42,99%	35,58%

#### **4.4 Análise de viabilidade econômica**

Realizados os cálculos dos custos de implantação e operação, foram aplicadas as premissas para as avaliações das análises de viabilidade.

A capacidade de produção por dia, dado de entrada que resulta na geração de receita para as instalações, foi de 29,58 toneladas para o município de Severínia, 51,98 t para o município de Monte Alto e 103,90 t para o município de Votuporanga, ou seja, uma produção por hora de 3,70 t, 6,50 t e 13 t, respectivamente. Sobre este quantitativo, foi aplicada a taxa de crescimento anual, apresentada nas definições do recorte temático do capítulo 3, para contabilizar o crescimento resultante na geração de RCC classe A sobre cada projeto aplicado, sendo de 1,49% para o município de Severínia, 1,02% para o município de Monte Alto e 1,36% para o município de Votuporanga.

O período escolhido para a aplicação das fórmulas e realização da análise econômica foi de 15 anos, com a aplicação da mesma taxa de correção inflacionária de 4,39% e imposição de uma taxa mínima de atratividade de 6,5% mais impostos sobre todos os estudos de caso, conforme tabela 20.

Como podem ser observados, os custos de implantação apresentaram-se próximos principalmente para as propostas de usinas em Severínia e Monte Alto. O resultado, é que para o caso do município com menor população e, conseqüentemente, menor demanda de processamento de RCC, a capacidade não compensou os gastos com os custos de operação e a própria diluição dos custos de implantação. O projeto apresentou-se, neste caso inviável, já que retornou um VPL negativo, que é o valor obtido pela atualização dos fluxos de caixa

líquido descontados pela TMA, e sem a apresentação de uma taxa interna de retorno, pois o retorno não foi suficiente.

**Tabela 20 - Resumo das análises de viabilidade aplicadas aos estudos de caso com 100% da capacidade**

	<b>Severínia</b>	<b>Monte Alto</b>	<b>Votuporanga</b>
Capacidade (t/dia)	31,42	55,22	110,40
Período de análise		15 anos	
Taxa de cresc. anual (%)	1,49%	1,02%	1,36%
Valor dos AR	R\$ 37,25	R\$ 47,50	R\$ 55,75
IPCA		4,39%	
TMA		6,50%	
PIS/COFINS		3,65%	
IRPJ/CSLL		24,00%	
CI	-R\$ 946.932,05	-R\$ 979.048,86	-R\$ 1.256.952,78
VPL	-R\$ 2.261.366,71	R\$ 144.025,72	R\$ 6.701.139,20
TIR	-	8%	51%
Payback simples	-	9,69	2,13
Payback descontado	-	13,34	2,38

A taxa interna de retorno (TIR), taxa a ser comparada com a taxa mínima de atratividade (TMA) de 6,5% para determinar se o projeto é viável em função dos retornos obtidos, nos outros dois casos, Monte Alto e Votuporanga, foi de 8% e 51%, respectivamente, ambas superiores. Isto é, os dois projetos apresentaram-se viáveis principalmente para a implantação no município de Votuporanga, com uma capacidade de produção maior, operando em 100%, obteve um VPL de R\$ 6.701.139,20.

O período necessário para a recuperação do capital investido não levando em consideração o valor do dinheiro no tempo, o payback simples, foi de 2,13 anos (2 anos e aproximadamente 2 meses) para Votuporanga e 9,69 anos (9 anos e aproximadamente 7 meses) para Monte Alto.

Analisando o retorno pelo método do payback descontado, com o desconto dos fluxos de caixa líquido do projeto com a aplicação da TMA em cada período, ou seja, considerando o valor do dinheiro no tempo, o retorno do capital ocorreu em 2,38 anos (2 anos e aproximadamente 4 meses) para Votuporanga e 13,34 anos (13 anos e aproximadamente 4 meses) para Monte Alto.

O VPL para o município de Monte Alto no período de operação de 15 anos foi de R\$ 144.025,72.

A tabela 21 aplica a variação de um ponto crítico, considerado neste trabalho como a quantidade de entrada de RCC nas instalações que resultam no valor de receita. Assim, ocorreu a análise de sensibilidade aplicando-se uma variação de redução para 70% nos dois

estudos de caso que apresentaram viabilidade econômica inicialmente para verificar se os dois projetos continuam viáveis com a variação de receita.

**Tabela 21 - Resumo das análises de viabilidade aplicadas aos estudos de caso com 70% da capacidade**

	Monte Alto	Votuporanga
Capacidade (t/dia)	38,66	77,28
Período de análise		15 anos
Taxa de cresc. anual (%)	1,02%	1,36%
Valor dos AR	R\$ 47,50	R\$ 55,75
IPCA		4,39%
TMA		6,50%
PIS/COFINS		3,65%
IRPJ/CSLL		24,00%
CI	-R\$ 979.048,86	-R\$ 1.256.952,78
VPL	-R\$ 1.372.306,67	R\$ 3.060.589,87
TIR	-	29%
Payback simples	-	3,84
Payback descontado	-	4,53

Com a variação da receita, o projeto aplicado para o município de Monte Alto tornou-se inviável, ou seja, com a redução da capacidade de produção o VPL tornou-se negativo no valor de -R\$ 1.372.306,67.

Para o município de Votuporanga, apresentando uma redução de produção para 77,28 t/dia, 9,66 t/h, o projeto continuou viável apresentando um VPL positivo de R\$ 3.060.589,87 com uma TIR de 29% ainda bem acima da TMA que é de 6,5%.

O período necessário para a recuperação do capital investido não levando em consideração o valor do dinheiro no tempo foi de 3,84 anos e com a aplicação da TMA em cada período apresentou 4,53 anos.

## 5 CONCLUSÕES

Em estudo anterior, de Duran et al. (2006) já havia sido verificado que o custo de reciclagem revela que a mesma se beneficiaria com a economia de escala que sugerem que as usinas devem aumentar a escala do centro até o ponto de produção máxima de AR ou a demanda mínima de material reciclado. Isso implica que quanto mais o centro de reciclagem processa, menor será o custo de reciclagem por tonelada.

Neste sentido, os estudos de caso analisados confirmam essa informação. Pois infelizmente para um município que tem característica populacional da faixa entre 10 e 20 mil habitantes como o município de Severínia, apresentando uma demanda de 31,42 toneladas/dia e 3,93 toneladas/hora não foi suficiente para compensar os padrões de custos de implantação e operação definidos nesta pesquisa como mínimos para uma instalação de usina de reciclagem de RCC classe A. Isto é, o projeto apresentou um VPL negativo e sem a apresentação de uma taxa interna de retorno, pois o retorno não foi suficiente.

No caso do município de Monte Alto, de faixa populacional de 20 a 50 mil habitantes, com demanda de produção de 55,22 toneladas/dia e 6,90 toneladas/hora, a aplicação do projeto foi viável até a aplicação de uma variação de fator crítico, no caso a própria entrada de RCC que ocasionou na geração de receita. Sabendo que essa variação é real e totalmente possível de acontecer, acaba por tornar a aplicação do projeto insegura.

O caso favorável para as duas situações de análise ficou então para o município de Votuporanga, de faixa populacional de 50 a 100 mil habitantes, apresentando uma capacidade de produção de 77,28 toneladas/dia e 9,66 toneladas/hora na segunda análise de viabilidade econômica, já com a redução de receita em 70% continuou sendo um projeto viável financeiramente apresentando um VPL positivo de R\$ 3.060.589,87 com uma TIR de 29% ainda bem acima da TMA que é de 6,5%.

Foi visto durante toda a pesquisa que inúmeros fatores determinam a variação dos parâmetros para a análise de viabilidade de implantação do projeto. O objetivo do trabalho foi apresentar maiores informações sobre instalações de usinas de reciclagem de RCC classe A existentes complementando estudos anteriores com a aplicação em específica característica de análise, que nesta pesquisa foi a aplicação em municípios de pequeno porte.

Algumas variações dos parâmetros são sugestões para trabalhos futuros como: a cobrança por uma taxa de entrada dos RCC nas usinas de reciclagem, a retirada do custo de aquisição do terreno considerando que o mesmo seja doado pela municipalidade, cálculo das economias que possam ser geradas com a redução do descarte ilegal e com a utilização dos

agregados reciclados em detrimento dos naturais; redução do maquinário proposto neste trabalho como sendo completo, para um maquinário considerado mínimo para a obtenção de agregados reciclados; uma possível redução na equipe de funcionários estipulada, bem como de sua capacitação; todos estes fatores citados são geradores de receita e economias que podem ocasionar na viabilidade de determinado projeto.

Além disso, podem ser aplicados pressupostos a fim de incentivar a reciclagem, como o aumento dos preços cobrados aos que optam pelo descarte em aterros e pela utilização de agregados primários. A viabilidade econômica dos centros de reciclagem que pode ser melhorada por iniciativas governamentais através da redução de impostos ou incentivos fiscais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 15112. **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Brasil, São Paulo, 2004a.

\_\_\_\_\_. NBR 15113. **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Brasil, São Paulo, 2004b.

\_\_\_\_\_. NBR 15114. **Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Brasil, São Paulo, 2004c.

\_\_\_\_\_. NBR 15115. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos.** Brasil, São Paulo, 2004d.

\_\_\_\_\_. NBR 15116. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos.** Brasil, São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Relatório pesquisa setorial 2014/2015: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil.** ABRECON, São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO DOS REGISTRADORES IMOBILIÁRIOS DE SÃO PAULO. **Tabela II Dos Ofícios de Registro de Imóveis.** Disponível em:

<<https://www.registradores.org.br/Servicos/frmTabelaCustas.aspx>>. Acesso em: 13 de junho de 2018.

BORDEUAX-RÊGO, R.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, LUIS PÉREZ. **Viabilidade econômico-financeira de projetos.** 4 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013. 170p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre 1984 e janeiro de 2012.** Brasília, 2012. 1126p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **ICLEI – Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação.** Brasília, 2012. 157p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília, 2015. 173p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Custo Unitário Básico (CUB).** Indicador dos custos do setor da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.cub.org.br/>>. Acesso em: 10 de junho de 2018.

COELHO, A.; BRITO, J. Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: location, materials, technology and economic analysis. **Journal of Cleaner Production**, 2013, v.39, pp. 338-352.

CÓRDOBA, R. E. **Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição do município de São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010, 406.

CUNHA, Nelma Almeida. **Resíduos da construção civil: análise de usinas de reciclagem**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2007. 176p.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

DURAN, X.; LENIHAN, H.; O'REGAN, B.. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling—the case of Ireland. **Resources, Conservation & Recycling**, 2006. v. 46, pp. 302-320.

ESGUICERO, F. J. **Análise econômica e ambiental na implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição – Estudo de caso no Município de Lençóis Paulista**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Produção, Bauru, SP, 2010. 128p.

FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Água: o que o empresário do setor de comércio e serviços precisa saber e fazer para preservar este precioso recurso**. São Paulo: FECOMÉRCIO, 2014. 67 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. 4. Ed.

HAMASSAKI, L. T.; OLIVEIRA, S. R.; ÂNGULO, S. C. Reciclagem de RCD. **Revista Notícias da Construção**. Maio/2014. P. 50 a 51. Disponível em: <[https://issuu.com/sind\\_issuu/docs/revista\\_ed\\_133\\_web](https://issuu.com/sind_issuu/docs/revista_ed_133_web)>. Acesso em: 20 de abril de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Cidades/Panorama**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html>>. Acesso no mês de junho de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1° de julho de 2017**. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 09 de junho de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabelas de consumo/eficiência energética - Tabela 11: Motores elétricos trifásicos - rendimento e fator de potência - Edição 01 / 2002**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/pbetab11.asp>>. Acesso em: 20 junho de 2018.

JADOVSKI, Iuri. **Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição**. Trabalho de conclusão (mestrado profissional). Escola de Engenharia, Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2005.

JIN, RUOYU et al. An empirical study of perceptions towards construction and demolition waste recycling and reuse in China. **Resources, Conservation & Recycling**, 2017. v. 126, pp. 86-98.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para a metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000. 113p.

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. Salvador: EDUFPA, Caixa Econômica Federal, 2001. p. 26-44.

LIMA, J. D.; SCHEITT, L. C.; BOSCHI, T. H.; SILVA, N. J.; MEIRA, A. A.; DIAS, G. H. Proposals of adjustment for the payback calculation of funded investment projects. **Custos e agronegócios**, v. 85, p. 390, 2013.

MARQUES NETO, J. C. **Diagnóstico para estudo de gestão dos resíduos de construção do município de São Carlos-SP**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. 155p.

\_\_\_\_\_, **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Editora RiMa, 2005. 162 p.

\_\_\_\_\_, **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. Tese de Doutorado do Programa de Pós graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **RTFinal – Consolidação de proposta de diretrizes ambientais para o desenvolvimento de “Cidades Sustentáveis”**. 2011. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/item/10338>>. Acesso em: 15 de junho de 2017.

MIRANDA, L. F.; ÂNGULO, S. C.; CARELLI, 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.

MORESCO, J. M. **Análise de fatores que influenciam aspectos financeiros de implantação e operação de usinas de reciclagem de RCD**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017. 134p.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F.; VALLE, R.; NEVES, C. Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities. *Science Direct, Waste Management* 27, 2007. p. 1531-1540.

OLIVEIRA NETO, R. et al. An economic analysis of the processing technologies in CDW recycling platforms. *Waste Management*, 2017. v. 60, pp. 277-289.

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**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 199. 473 p.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 218p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

REBELATTO, D. A. N. **Projeto de Investimento**. 1. ed. Barueri - SP: Editora Manole, 2004. v. 01. 329p.

REGGIO, A.; TOSHIHIKO, O. **Novo panorama para resíduos de construção e demolição (RCD)**. Revista Areia e Brita nº 44 de outubro/novembro/dezembro de 2008. Disponível em: < <http://www.ietsp.com.br/Documentos/textos-t%C3%A9cnicos/artigos-t%C3%A9cnicos/>>. Acesso em: 12 de junho de 2016.

RODRÍGUEZ, G. et al. Assessment of Construction and Demolition Waste plant management in Spain: in pursuit of sustainability and eco-efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 2015. v. 90, pp. 16-24.

ROSA, Monique P. **Viabilidade econômico-financeira e benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil produzidos em Florianópolis-SC**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2005. 168p.

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE/COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA, 2012. 85p.

SEBRAE/RS. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil: manual de utilização**. Santos, Aguinaldo et al – Porto Alegre, SEBRAE/RS, 1996. 103p.

SILVA, A. A. **Avaliação dos pontos de apoio (ecopontos) na gestão dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso de São José do Rio Preto – SP**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. 90 p.

SINDUSCON-SP. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP**. São Paulo: Obra Limpa: I&T, 2005.

\_\_\_\_\_, **Folheto: Reutilização e Reciclagem.** 2012. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/biblioteca-de-documentos/>>. Acesso em: 22 de março de 2017.

\_\_\_\_\_, **Folheto: Áreas de reciclagem e aterros de resíduos classe A.** 2012. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/biblioteca-de-documentos/>> . Acesso em: 22 de março de 2017.

\_\_\_\_\_, **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: avanços institucionais e melhorias técnicas.** São Paulo: Obra Limpa: I&T, 2015.

SOBRAL, R. F. C. **Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso da USIBEN – João Pessoa.** Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT, João Pessoa, PB, 2012. 114p.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros – Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo, Editora Pini; 2005. 128p.

SOUZA, N. B. **Viabilidade financeira da reciclagem de RCC em usinas de concretos e fábricas de pré-moldados.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2012. 218 p.

TABELA SALARIAL 2018. **Tabela de cargos e salários de todas as profissões.** Disponível em: <<https://www.salario.com.br/tabela-salarial/>>. Acesso em: 22 de junho de 2018.

TAM, V.W.Y.; KOTRAYOTHAR, D.; LOO, Y.C.. On the prevailing construction waste recycling practices: a South East Queensland study. **Waste Management & Research**, 2009. v. 27, pp. 167-174.

TAM, V. W.Y.; TAM, C. M.. Evaluations of existing waste recycling methods: A Hong Kong study. **Building and Environment**, 2006. v. 41, pp. 1649-1660.

ULUBEYLI, S. et al.. Construction and demolition waste recycling plants revisited: management issues. **Procedia Engineering**, 2017. v. 172, pp. 1190-1197.

ZHAO, W.; LEEFTINK, R.B.; ROTTER, V.S. Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China—The case of Chongqing. **Resources, Conservation and Recycling**, 2010. v. 54, pp. 377-389.

## **APÊNDICES**

### APÊNDICE A – TABELA DE ANÁLISE ECONÔMICA – MUNICÍPIO DE SEVERÍNIA

Anos	Produção (t/ano)	Receita	Impostos	CO	Margem bruta	IRPJ/CSLL	Fluxo de Caixa	Pay Back Simples	Fluxo Caixa Desc.	Pay Back Desc.
0							-R\$ 946.932,05	-R\$ 946.932,05	-R\$ 946.932,05	-R\$ 946.932,05
1	6.284,90	R\$ 234.112,53	R\$ 50.685,36	R\$ 386.816,65	-R\$ 203.389,48	-R\$ 48.813,48	-R\$ 154.576,01	-R\$ 1.101.508,06	-R\$ 145.141,79	-R\$ 1.092.073,84
2	6.378,55	R\$ 248.031,48	R\$ 9.053,15	R\$ 403.797,90	-R\$ 164.819,57	-R\$ 39.556,70	-R\$ 125.262,87	-R\$ 1.226.770,93	-R\$ 110.439,17	-R\$ 1.202.513,02
3	6.473,59	R\$ 262.777,97	R\$ 9.591,40	R\$ 421.524,62	-R\$ 168.338,05	-R\$ 40.401,13	-R\$ 127.936,92	-R\$ 1.354.707,85	-R\$ 105.912,46	-R\$ 1.308.425,48
4	6.570,04	R\$ 278.401,20	R\$ 10.161,64	R\$ 440.029,55	-R\$ 171.790,00	-R\$ 41.229,60	-R\$ 130.560,40	-R\$ 1.485.268,25	-R\$ 101.487,61	-R\$ 1.409.913,10
5	6.667,94	R\$ 294.953,29	R\$ 10.765,80	R\$ 459.346,85	-R\$ 175.159,35	-R\$ 42.038,25	-R\$ 133.121,11	-R\$ 1.618.389,36	-R\$ 97.162,55	-R\$ 1.507.075,64
6	6.767,29	R\$ 312.489,48	R\$ 11.405,87	R\$ 479.512,18	-R\$ 178.428,57	-R\$ 42.822,86	-R\$ 135.605,71	-R\$ 1.753.995,07	-R\$ 92.935,22	-R\$ 1.600.010,86
7	6.868,12	R\$ 331.068,26	R\$ 12.083,99	R\$ 500.562,76	-R\$ 181.578,49	-R\$ 43.578,84	-R\$ 137.999,65	-R\$ 1.891.994,73	-R\$ 88.803,64	-R\$ 1.688.814,50
8	6.970,46	R\$ 350.751,63	R\$ 12.802,43	R\$ 522.537,47	-R\$ 184.588,27	-R\$ 44.301,19	-R\$ 140.287,09	-R\$ 2.032.281,81	-R\$ 84.765,83	-R\$ 1.773.580,33
9	7.074,31	R\$ 371.605,26	R\$ 13.563,59	R\$ 545.476,86	-R\$ 187.435,20	-R\$ 44.984,45	-R\$ 142.450,75	-R\$ 2.174.732,57	-R\$ 80.819,89	-R\$ 1.854.400,22
10	7.179,72	R\$ 393.698,72	R\$ 14.370,00	R\$ 569.423,30	-R\$ 190.094,58	-R\$ 45.622,70	-R\$ 144.471,88	-R\$ 2.319.204,45	-R\$ 76.963,93	-R\$ 1.931.364,16
11	7.286,70	R\$ 417.105,72	R\$ 15.224,36	R\$ 594.420,98	-R\$ 192.539,62	-R\$ 46.209,51	-R\$ 146.330,11	-R\$ 2.465.534,56	-R\$ 73.196,11	-R\$ 2.004.560,27
12	7.395,27	R\$ 441.904,37	R\$ 16.129,51	R\$ 620.516,06	-R\$ 194.741,20	-R\$ 46.737,89	-R\$ 148.003,31	-R\$ 2.613.537,87	-R\$ 69.514,62	-R\$ 2.074.074,89
13	7.505,46	R\$ 468.177,41	R\$ 17.088,48	R\$ 647.756,72	-R\$ 196.667,79	-R\$ 47.200,27	-R\$ 149.467,52	-R\$ 2.763.005,39	-R\$ 65.917,68	-R\$ 2.139.992,57
14	7.617,29	R\$ 496.012,48	R\$ 18.104,46	R\$ 676.193,24	-R\$ 198.285,22	-R\$ 47.588,45	-R\$ 150.696,76	-R\$ 2.913.702,15	-R\$ 62.403,57	-R\$ 2.202.396,14
15	7.730,79	R\$ 525.502,46	R\$ 19.180,84	R\$ 705.878,12	-R\$ 199.556,50	-R\$ 47.893,56	-R\$ 151.662,94	-R\$ 3.065.365,09	-R\$ 58.970,57	-R\$ 2.261.366,71

## APÊNDICE B – TABELA DE ANÁLISE ECONÔMICA – MUNICÍPIO DE MONTE ALTO

Anos	Produção (t/ano)	Receita	Impostos	CO	Margem bruta	IRPJ/CSLL	Fluxo de Caixa	Pay Back Simples	Fluxo Caixa Desc.	Pay Back Desc.
0							-R\$ 979.048,86	-R\$ 979.048,86	-R\$ 979.048,86	-R\$ 979.048,86
1	11.044,90	R\$ 524.632,75	R\$ 19.149,10	R\$ 420.921,73	R\$ 84.561,93	R\$ 20.294,86	R\$ 64.267,07	-R\$ 914.781,80	R\$ 60.344,66	-R\$ 918.704,20
2	11.157,56	R\$ 553.250,30	R\$ 20.193,64	R\$ 439.400,19	R\$ 93.656,48	R\$ 22.477,55	R\$ 71.178,92	-R\$ 843.602,87	R\$ 62.755,56	-R\$ 855.948,64
3	11.271,37	R\$ 583.428,88	R\$ 21.295,15	R\$ 458.689,86	R\$ 103.443,87	R\$ 24.826,53	R\$ 78.617,34	-R\$ 764.985,54	R\$ 65.083,29	-R\$ 790.865,35
4	11.386,33	R\$ 615.253,63	R\$ 22.456,76	R\$ 478.826,34	R\$ 113.970,53	R\$ 27.352,93	R\$ 86.617,60	-R\$ 678.367,94	R\$ 67.329,86	-R\$ 723.535,49
5	11.502,47	R\$ 648.814,35	R\$ 23.681,72	R\$ 499.846,82	R\$ 125.285,80	R\$ 30.068,59	R\$ 95.217,21	-R\$ 583.150,72	R\$ 69.497,22	-R\$ 654.038,27
6	11.619,80	R\$ 684.205,73	R\$ 24.973,51	R\$ 521.790,09	R\$ 137.442,13	R\$ 32.986,11	R\$ 104.456,02	-R\$ 478.694,71	R\$ 71.587,27	-R\$ 582.451,00
7	11.738,32	R\$ 721.527,63	R\$ 26.335,76	R\$ 544.696,68	R\$ 150.495,20	R\$ 36.118,85	R\$ 114.376,35	-R\$ 364.318,36	R\$ 73.601,89	-R\$ 508.849,11
8	11.858,05	R\$ 760.885,36	R\$ 27.772,32	R\$ 568.608,86	R\$ 164.504,18	R\$ 39.481,00	R\$ 125.023,18	-R\$ 239.295,18	R\$ 75.542,90	-R\$ 433.306,20
9	11.979,00	R\$ 802.389,97	R\$ 29.287,23	R\$ 593.570,79	R\$ 179.531,94	R\$ 43.087,67	R\$ 136.444,28	-R\$ 102.850,90	R\$ 77.412,10	-R\$ 355.894,10
10	12.101,19	R\$ 846.158,56	R\$ 30.884,79	R\$ 619.628,55	R\$ 195.645,22	R\$ 46.954,85	R\$ 148.690,37	R\$ 45.839,47	R\$ 79.211,23	-R\$ 276.682,87
11	12.224,62	R\$ 892.314,63	R\$ 32.569,48	R\$ 646.830,24	R\$ 212.914,91	R\$ 51.099,58	R\$ 161.815,33	R\$ 207.654,80	R\$ 80.942,01	-R\$ 195.740,86
12	12.349,31	R\$ 940.988,42	R\$ 34.346,08	R\$ 675.226,09	R\$ 231.416,25	R\$ 55.539,90	R\$ 175.876,35	R\$ 383.531,15	R\$ 82.606,11	-R\$ 113.134,76
13	12.475,28	R\$ 992.317,25	R\$ 36.219,58	R\$ 704.868,52	R\$ 251.229,15	R\$ 60.295,00	R\$ 190.934,15	R\$ 574.465,30	R\$ 84.205,16	-R\$ 28.929,59
14	12.602,52	R\$ 1.046.445,95	R\$ 38.195,28	R\$ 735.812,24	R\$ 272.438,43	R\$ 65.385,22	R\$ 207.053,20	R\$ 781.518,50	R\$ 85.740,78	R\$ 56.811,19
15	12.731,07	R\$ 1.103.527,25	R\$ 40.278,74	R\$ 768.114,40	R\$ 295.134,10	R\$ 70.832,19	R\$ 224.301,92	R\$ 1.005.820,42	R\$ 87.214,54	R\$ 144.025,72

### APÊNDICE C – TABELA DE ANÁLISE ECONÔMICA – MUNICÍPIO DE VOTUPORANGA

Anos	Produção (t/ano)	Receita	Impostos	CO	Margem bruta	IRPJ/CSLL	Fluxo de Caixa	Pay Back Simples	Fluxo Caixa Desc.	Pay Back Desc.
0							-R\$ 1.256.952,78	-R\$ 1.244.507,70	-R\$ 1.256.952,78	-R\$ 1.256.952,78
1	22.079,60	R\$ 1.230.937,70	R\$ 44.929,23	R\$ 447.228,83	R\$ 738.779,64	R\$ 177.307,11	R\$ 561.472,53	-R\$ 683.035,17	R\$ 527.204,25	-R\$ 729.748,52
2	22.379,88	R\$ 1.302.451,54	R\$ 47.539,48	R\$ 466.862,18	R\$ 788.049,88	R\$ 189.131,97	R\$ 598.917,91	-R\$ 84.117,26	R\$ 528.041,53	-R\$ 201.706,99
3	22.684,25	R\$ 1.378.120,12	R\$ 50.301,38	R\$ 487.357,43	R\$ 840.461,31	R\$ 201.710,71	R\$ 638.750,59	R\$ 554.633,33	R\$ 528.789,10	R\$ 327.082,11
4	22.992,75	R\$ 1.458.184,82	R\$ 53.223,75	R\$ 508.752,42	R\$ 896.208,65	R\$ 215.090,08	R\$ 681.118,58	R\$ 1.235.751,90	R\$ 529.449,20	R\$ 856.531,30
5	23.305,46	R\$ 1.542.901,04	R\$ 56.315,89	R\$ 531.086,65	R\$ 955.498,50	R\$ 229.319,64	R\$ 726.178,86	R\$ 1.961.930,76	R\$ 530.024,03	R\$ 1.386.555,34
6	23.622,41	R\$ 1.632.539,02	R\$ 59.587,67	R\$ 554.401,35	R\$ 1.018.549,99	R\$ 244.452,00	R\$ 774.097,99	R\$ 2.736.028,76	R\$ 530.515,77	R\$ 1.917.071,10
7	23.943,68	R\$ 1.727.384,70	R\$ 63.049,54	R\$ 578.739,57	R\$ 1.085.595,59	R\$ 260.542,94	R\$ 825.052,65	R\$ 3.561.081,41	R\$ 530.926,51	R\$ 2.447.997,61
8	24.269,31	R\$ 1.827.740,64	R\$ 66.712,53	R\$ 604.146,24	R\$ 1.156.881,87	R\$ 277.651,65	R\$ 879.230,22	R\$ 4.440.311,63	R\$ 531.258,32	R\$ 2.979.255,93
9	24.599,37	R\$ 1.933.926,96	R\$ 70.588,33	R\$ 630.668,26	R\$ 1.232.670,37	R\$ 295.840,89	R\$ 936.829,48	R\$ 5.377.141,11	R\$ 531.513,23	R\$ 3.510.769,16
10	24.933,92	R\$ 2.046.282,40	R\$ 74.689,31	R\$ 658.354,60	R\$ 1.313.238,49	R\$ 315.177,24	R\$ 998.061,26	R\$ 6.375.202,37	R\$ 531.693,22	R\$ 4.042.462,38
11	25.273,02	R\$ 2.165.165,35	R\$ 79.028,54	R\$ 687.256,36	R\$ 1.398.880,45	R\$ 335.731,31	R\$ 1.063.149,14	R\$ 7.438.351,51	R\$ 531.800,21	R\$ 4.574.262,59
12	25.616,74	R\$ 2.290.955,04	R\$ 83.619,86	R\$ 717.426,92	R\$ 1.489.908,27	R\$ 357.577,98	R\$ 1.132.330,28	R\$ 8.570.681,79	R\$ 531.836,12	R\$ 5.106.098,71
13	25.965,13	R\$ 2.424.052,75	R\$ 88.477,93	R\$ 748.921,96	R\$ 1.586.652,87	R\$ 380.796,69	R\$ 1.205.856,18	R\$ 9.776.537,97	R\$ 531.802,79	R\$ 5.637.901,50
14	26.318,25	R\$ 2.564.883,04	R\$ 93.618,23	R\$ 781.799,63	R\$ 1.689.465,18	R\$ 405.471,64	R\$ 1.283.993,54	R\$ 11.060.531,51	R\$ 531.702,04	R\$ 6.169.603,54
15	26.676,18	R\$ 2.713.895,15	R\$ 99.057,17	R\$ 816.120,64	R\$ 1.798.717,34	R\$ 431.692,16	R\$ 1.367.025,18	R\$ 12.427.556,69	R\$ 531.535,65	R\$ 6.701.139,20

## APÊNDICE D – TABELA DE ANÁLISE ECONÔMICA – MUNICÍPIO DE MONTE ALTO

Aplicação da análise de sensibilidade: capacidade de produção reduzida para 70% da capacidade total

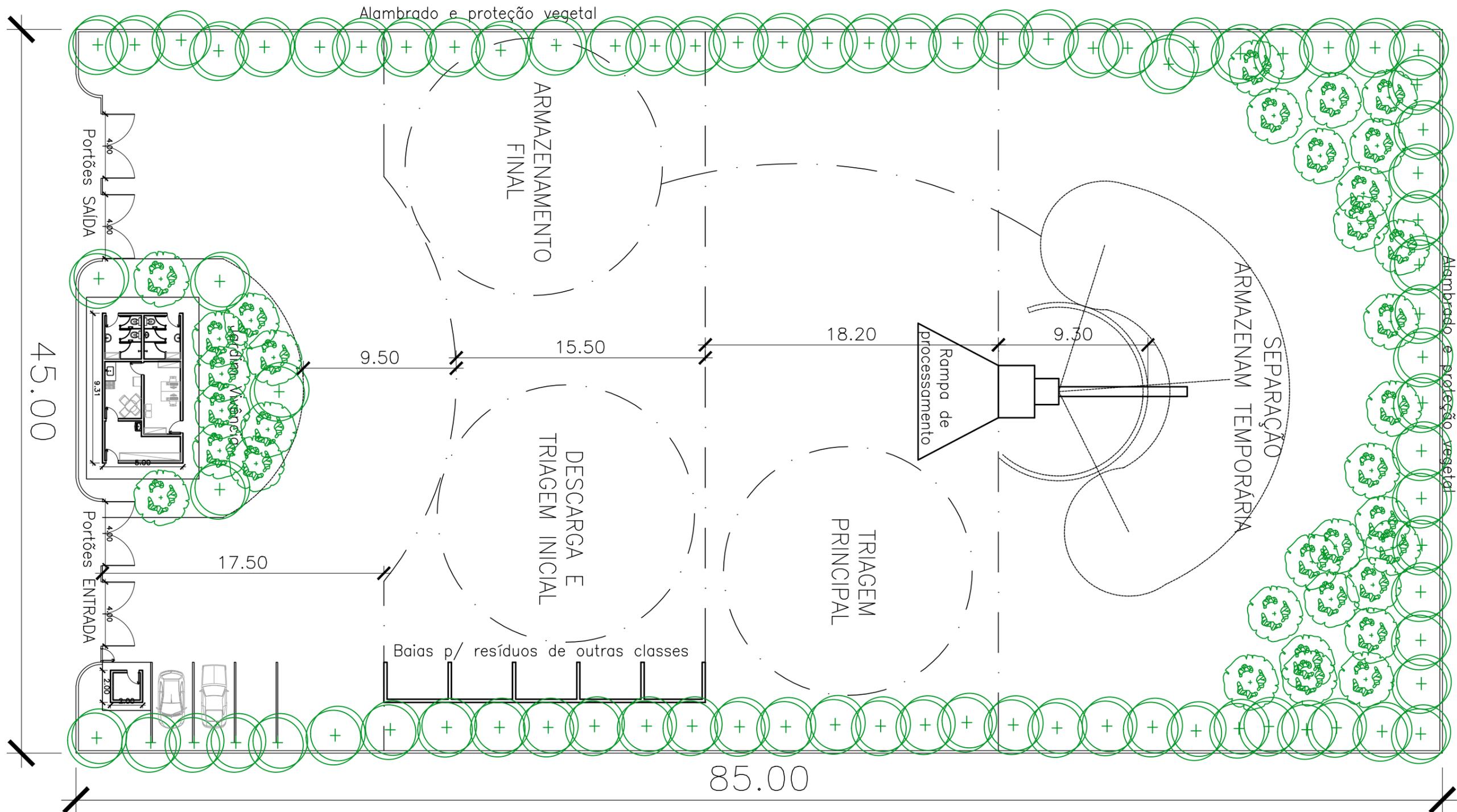
Anos	Produção (t/an)	R\$ venda AR	Receita	Impostos	CO	Margem bruta	IRPJ/CSLL	Fluxo de Caixa	Pay Back Simples	Fluxo Caixa Desc.	Pay Back Desc.
0								-R\$ 979.048,86	-R\$ 979.048,86	-R\$ 979.048,86	-R\$ 979.048,86
1	7.731,43	R\$ 47,50	R\$ 367.242,93	R\$ 13.404,37	R\$ 420.921,73	-R\$ 67.083,17	-R\$ 16.099,96	-R\$ 50.983,21	-R\$ 1.030.032,07	-R\$ 47.871,56	-R\$ 1.026.920,42
2	7.810,29	R\$ 49,59	R\$ 387.275,21	R\$ 14.135,55	R\$ 439.400,19	-R\$ 66.260,52	-R\$ 15.902,53	-R\$ 50.358,00	-R\$ 1.080.390,07	-R\$ 44.398,60	-R\$ 1.071.319,02
3	7.889,96	R\$ 51,76	R\$ 408.400,21	R\$ 14.906,61	R\$ 458.689,86	-R\$ 65.196,25	-R\$ 15.647,10	-R\$ 49.549,15	-R\$ 1.129.939,22	-R\$ 41.019,22	-R\$ 1.112.338,23
4	7.970,43	R\$ 54,03	R\$ 430.677,54	R\$ 15.719,73	R\$ 478.826,34	-R\$ 63.868,53	-R\$ 15.328,45	-R\$ 48.540,09	-R\$ 1.178.479,30	-R\$ 37.731,33	-R\$ 1.150.069,56
5	8.051,73	R\$ 56,41	R\$ 454.170,04	R\$ 16.577,21	R\$ 499.846,82	-R\$ 62.253,98	-R\$ 14.940,96	-R\$ 47.313,03	-R\$ 1.225.792,33	-R\$ 34.532,87	-R\$ 1.184.602,43
6	8.133,86	R\$ 58,88	R\$ 478.944,01	R\$ 17.481,46	R\$ 521.790,09	-R\$ 60.327,54	-R\$ 14.478,61	-R\$ 45.848,93	-R\$ 1.271.641,26	-R\$ 31.421,84	-R\$ 1.216.024,27
7	8.216,82	R\$ 61,47	R\$ 505.069,34	R\$ 18.435,03	R\$ 544.696,68	-R\$ 58.062,37	-R\$ 13.934,97	-R\$ 44.127,40	-R\$ 1.315.768,66	-R\$ 28.396,26	-R\$ 1.244.420,53
8	8.300,64	R\$ 64,17	R\$ 532.619,75	R\$ 19.440,62	R\$ 568.608,86	-R\$ 55.429,73	-R\$ 13.303,14	-R\$ 42.126,59	-R\$ 1.357.895,25	-R\$ 25.454,20	-R\$ 1.269.874,73
9	8.385,30	R\$ 66,98	R\$ 561.672,98	R\$ 20.501,06	R\$ 593.570,79	-R\$ 52.398,88	-R\$ 12.575,73	-R\$ 39.823,15	-R\$ 1.397.718,40	-R\$ 22.593,79	-R\$ 1.292.468,52
10	8.470,83	R\$ 69,92	R\$ 592.310,99	R\$ 21.619,35	R\$ 619.628,55	-R\$ 48.936,91	-R\$ 11.744,86	-R\$ 37.192,05	-R\$ 1.434.910,45	-R\$ 19.813,17	-R\$ 1.312.281,69
11	8.557,24	R\$ 72,99	R\$ 624.620,24	R\$ 22.798,64	R\$ 646.830,24	-R\$ 45.008,64	-R\$ 10.802,07	-R\$ 34.206,57	-R\$ 1.469.117,02	-R\$ 17.110,54	-R\$ 1.329.392,24
12	8.644,52	R\$ 76,20	R\$ 658.691,89	R\$ 24.042,25	R\$ 675.226,09	-R\$ 40.576,45	-R\$ 9.738,35	-R\$ 30.838,11	-R\$ 1.499.955,12	-R\$ 14.484,13	-R\$ 1.343.876,36
13	8.732,69	R\$ 79,54	R\$ 694.622,07	R\$ 25.353,71	R\$ 704.868,52	-R\$ 35.600,15	-R\$ 8.544,04	-R\$ 27.056,11	-R\$ 1.527.011,24	-R\$ 11.932,20	-R\$ 1.355.808,56
14	8.821,77	R\$ 83,03	R\$ 732.512,16	R\$ 26.736,69	R\$ 735.812,24	-R\$ 30.036,77	-R\$ 7.208,83	-R\$ 22.827,95	-R\$ 1.549.839,18	-R\$ 9.453,06	-R\$ 1.365.261,62
15	8.911,75	R\$ 86,68	R\$ 772.469,08	R\$ 28.195,12	R\$ 768.114,40	-R\$ 23.840,45	-R\$ 5.721,71	-R\$ 18.118,74	-R\$ 1.567.957,92	-R\$ 7.045,05	-R\$ 1.372.306,67

## APÊNDICE E – TABELA DE ANÁLISE ECONÔMICA – MUNICÍPIO DE VOTUPORANGA

Aplicação da análise de sensibilidade: capacidade de produção reduzida para 70% da capacidade total

Anos	Produção (t/an)	R\$ venda AR	Receita	Impostos	CO	Margem bruta	IRPJ/CSLL	Fluxo de Caixa	Pay Back Simples	Fluxo Caixa Desc.	Pay Back Desc.
0								-R\$ 1.256.952,78	-R\$ 1.244.507,70	-R\$ 1.256.952,78	-R\$ 1.256.952,78
1	15.455,72	R\$ 55,75	R\$ 861.656,39	R\$ 31.450,46	R\$ 447.228,83	R\$ 382.977,10	R\$ 91.914,50	R\$ 291.062,60	-R\$ 953.445,10	R\$ 273.298,21	-R\$ 983.654,56
2	15.665,92	R\$ 58,20	R\$ 911.716,08	R\$ 33.277,64	R\$ 466.862,18	R\$ 411.576,26	R\$ 98.778,30	R\$ 312.797,96	-R\$ 640.647,14	R\$ 275.781,22	-R\$ 707.873,34
3	15.878,97	R\$ 60,75	R\$ 964.684,08	R\$ 35.210,97	R\$ 487.357,43	R\$ 442.115,69	R\$ 106.107,76	R\$ 336.007,92	-R\$ 304.639,22	R\$ 278.163,85	-R\$ 429.709,49
4	16.094,93	R\$ 63,42	R\$ 1.020.729,37	R\$ 37.256,62	R\$ 508.752,42	R\$ 474.720,33	R\$ 113.932,88	R\$ 360.787,45	R\$ 56.148,23	R\$ 280.448,42	-R\$ 149.261,07
5	16.313,82	R\$ 66,20	R\$ 1.080.030,73	R\$ 39.421,12	R\$ 531.086,65	R\$ 509.522,96	R\$ 122.285,51	R\$ 387.237,45	R\$ 443.385,67	R\$ 282.637,19	R\$ 133.376,12
6	16.535,69	R\$ 69,11	R\$ 1.142.777,31	R\$ 41.711,37	R\$ 554.401,35	R\$ 546.664,59	R\$ 131.199,50	R\$ 415.465,09	R\$ 858.850,76	R\$ 284.732,40	R\$ 418.108,52
7	16.760,57	R\$ 72,14	R\$ 1.209.169,29	R\$ 44.134,68	R\$ 578.739,57	R\$ 586.295,04	R\$ 140.710,81	R\$ 445.584,23	R\$ 1.304.435,00	R\$ 286.736,22	R\$ 704.844,74
8	16.988,52	R\$ 75,31	R\$ 1.279.418,45	R\$ 46.698,77	R\$ 604.146,24	R\$ 628.573,44	R\$ 150.857,63	R\$ 477.715,81	R\$ 1.782.150,81	R\$ 288.650,79	R\$ 993.495,54
9	17.219,56	R\$ 78,62	R\$ 1.353.748,88	R\$ 49.411,83	R\$ 630.668,26	R\$ 673.668,78	R\$ 161.680,51	R\$ 511.988,27	R\$ 2.294.139,08	R\$ 290.478,20	R\$ 1.283.973,74
10	17.453,75	R\$ 82,07	R\$ 1.432.397,68	R\$ 52.282,52	R\$ 658.354,60	R\$ 721.760,57	R\$ 173.222,54	R\$ 548.538,03	R\$ 2.842.677,11	R\$ 292.220,49	R\$ 1.576.194,23
11	17.691,12	R\$ 85,67	R\$ 1.515.615,74	R\$ 55.319,97	R\$ 687.256,36	R\$ 773.039,41	R\$ 185.529,46	R\$ 587.509,95	R\$ 3.430.187,06	R\$ 293.879,67	R\$ 1.870.073,89
12	17.931,72	R\$ 89,43	R\$ 1.603.668,53	R\$ 58.533,90	R\$ 717.426,92	R\$ 827.707,71	R\$ 198.649,85	R\$ 629.057,86	R\$ 4.059.244,92	R\$ 295.457,69	R\$ 2.165.531,59
13	18.175,59	R\$ 93,36	R\$ 1.696.836,93	R\$ 61.934,55	R\$ 748.921,96	R\$ 885.980,42	R\$ 212.635,30	R\$ 673.345,12	R\$ 4.732.590,04	R\$ 296.956,49	R\$ 2.462.488,07
14	18.422,78	R\$ 97,46	R\$ 1.795.418,13	R\$ 65.532,76	R\$ 781.799,63	R\$ 948.085,73	R\$ 227.540,58	R\$ 720.545,16	R\$ 5.453.135,20	R\$ 298.377,93	R\$ 2.760.866,00
15	18.673,33	R\$ 101,73	R\$ 1.899.726,61	R\$ 69.340,02	R\$ 816.120,64	R\$ 1.014.265,95	R\$ 243.423,83	R\$ 770.842,12	R\$ 6.223.977,32	R\$ 299.723,86	R\$ 3.060.589,87

**APÊNDICE F – PROJETO BÁSICO DE USINA DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A**



BANHEIRO/ VESTIÁRIO Área: 15 m <sup>2</sup>	ESCRITÓRIO Área: 12 m <sup>2</sup>	
	COPA Área: 9 m <sup>2</sup>	DEPÓSITO Área: 10 m <sup>2</sup>

PORTARIA – Área: 4 m<sup>2</sup>  
 BAIAS DE CONCRETO – Área: 50 m<sup>2</sup>  
 TOTAL A SER CONSTRUÍDO: 100 m<sup>2</sup>.

REV.	DATA	DESCRIÇÃO	RESP.
00	02/07/2018	Emissão Inicial	Maiara

**USINA DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A**

Subsistema  
ARQUITETURA

Título do Desenho

**IMPLANTAÇÃO GERAL**

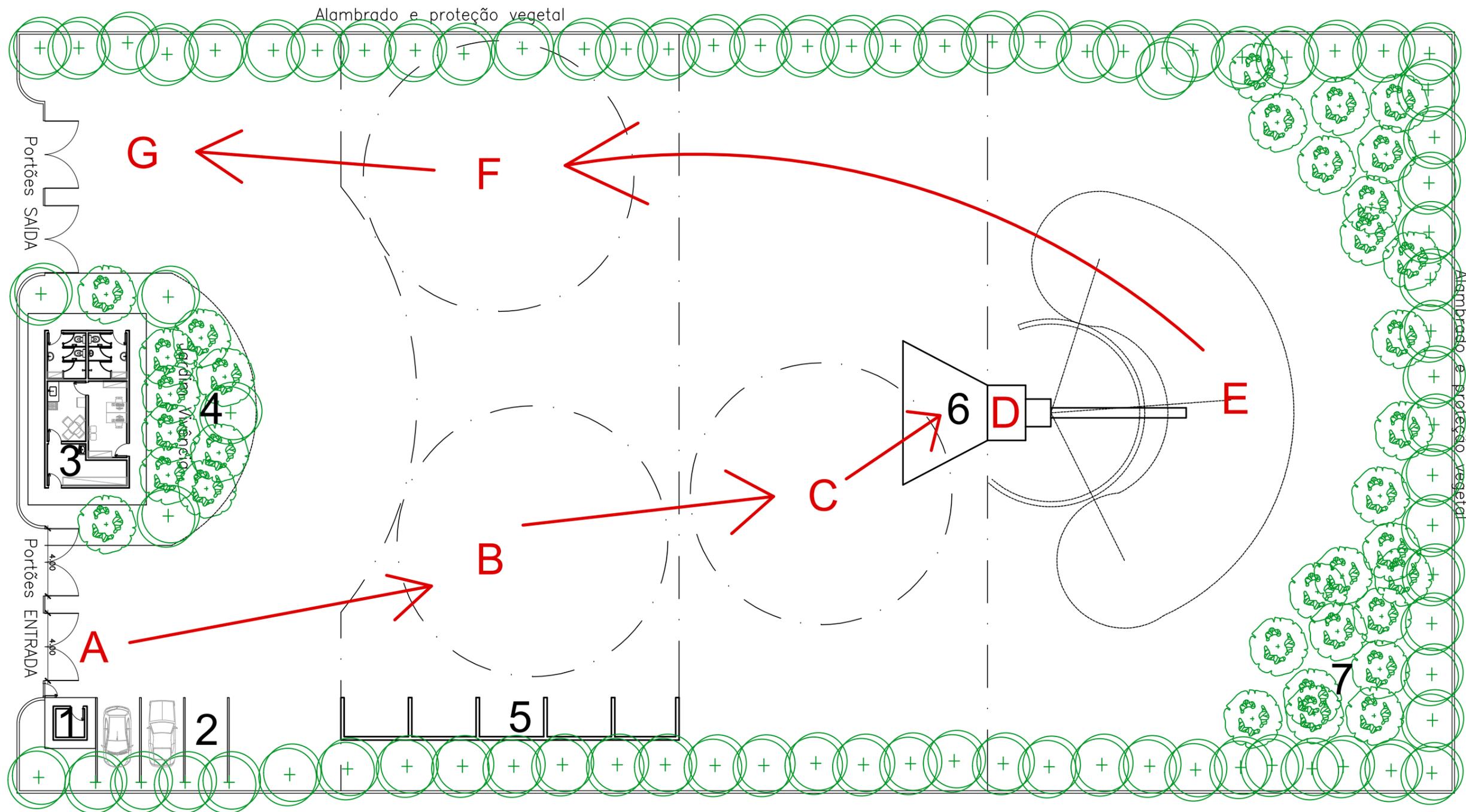
Folha Nº 01/01 Revisão 00

Fase  
PROJETO EXECUTIVO  
Nome do Arquivo (DIGITAL)

Responsável  
Arq. MAIARA NICOLAU

Desenhista  
Arq. MAIARA NICOLAU

Escala  
1:250



**LEGENDA:**

- 1- Portaria;
- 2- Estacionamento;
- 3- Edificações de apoio/administração;
- 4- Área de vivência para os funcionários;
- 5- Baías de concreto: armazenagem temporária dos resíduos de outras classes;
- 6- Equipamentos;
- 7- Proteção arbórea.

- A - Verificação de carga para autorização do descarregamento;
- B - Descarregamento e triagem inicial;
- C - Triagem principal e encaminhamento para o processamento;
- D - Processamento: trituração, retirada dos metais ferrosos e peneiramento;
- E - Separação por granulometria e armazenagem temporário;
- F - Armazenamento principal;
- G - Saída: venda dos agregados reciclados.

REV.	DATA	DESCRIÇÃO	RESP.
00	02/07/2018	Emissão Inicial	Maiara

**USINA DE RECICLAGEM DE RCC CLASSE A**

Subsistema	ARQUITETURA	Folha Nº	02/02	Revisão	00
Título do Desenho	IMPLANTAÇÃO GERAL		Fase		PROJETO EXECUTIVO
			Nome do Arquivo (DIGITAL)		
Responsável	Desenhista	Escala			
Arq. MAIARA NICOLAU	Arq. MAIARA NICOLAU	1:250			