

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

DIEGO HENRIQUE SOARES

**ESTUDO DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM
EMPREENDIMENTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL NO MUNICÍPIO
DE TAQUARITINGA-SP**

SÃO CARLOS

2015

DIEGO HENRIQUE SOARES

**ESTUDO DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM
EMPREENHIMENTO HABITACIONAL DE INTERESSE SOCIAL NO MUNICÍPIO
DE TAQUARITINGA-SP**

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

Área de Concentração: Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade.

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

SÃO CARLOS

2015

Soares, Diego

ESTUDO DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
(RCC) EM EMPREENDIMENTO HABITACIONAL DE INTERESSE
SOCIAL NO MUNICÍPIO DE TAQUARITINGA-SP / Diego Soares. -- 2015.
99 f. : 30 cm.

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

Orientador: Jose da Costa Marques Neto

Banca examinadora: José da Costa Marques Neto, Rodrigo Eduardo
Cordoba, Jorge Akutsu

Bibliografia

1. Construção Civil. 2. Resíduos da Construção Civil. 3. Habitações de
Interesse Social. 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 do candidato Diego Henrique Soares, realizada em 20/08/2015:

Prof. Dr. Jose da Costa Marques Neto
UFSCar

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Cordoba
UNIP

Prof. Dr. Jorge Akutsu
UFSCar

Dedico este trabalho aos meus pais, em especial à minha mãe, aos meus avós (*in memoriam*) e à minha querida irmã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre ter-me dado persistência e muita determinação para finalizar o que me disponho a realizar.

Aos meus pais e à minha irmã (Débora), minha fonte de inspiração. Em especial minha mãe (Inês), que com o suor de seu trabalho, realizando faxinas em casas e empresas e, por muitas vezes, sofrendo com as dores físicas que seu trabalho a submete e as dores morais, impostas por uma sociedade preconceituosa, superou essas dificuldades e deu condições para que minha irmã (Diretora Escolar) e eu estudássemos e buscássemos nossos sonhos. Ela nunca desistiu!! Por isso, ser-lhe-ei eternamente grato. Esse diploma é dela e será pendurado em seu quarto para não deixá-la esquecer de mais uma das muitas “GRANDES OBRAS” que ela realizou em sua vida. Esse ato estende-se a todos os pais que lutam e sacrificam-se diariamente para estudar seus filhos com a esperança de lhes proporcionar um futuro melhor.

À família Mello, pelo apoio que me deu, autorizando minhas saídas em horários de trabalho durante as disciplinas e o período de pesquisa em campo para a realização de meu mestrado.

Aos colaboradores da empresa pesquisada, que me apoiaram e ajudaram-me para que eu realizasse o levantamento dos dados e, assim, desenvolvesse minha pesquisa.

À Prefeitura Municipal de Taquaritinga, em especial aos funcionários do setor de engenharia e tributos, que sempre me atenderam e disponibilizaram informações para que eu pudesse desenvolver minha pesquisa, por isso agradeço imensamente.

À empresa de caçambas Fanelli, localizada no município de Taquaritinga, agradeço imensamente a parceria, em especial aos sócios-proprietários, Carlos Gabriel e Roberta Fanelli, pela disposição em ajudar-me na pesquisa de campo; por esse motivo, serei eternamente grato.

Aos meus professores do Ensino Infantil, Fundamental e Médio da Escola Municipal “Domingues da Silva” e da Escola Estadual “9 de Julho”, que, além de dedicarem

seu tempo ensinando-me e compartilhando seu conhecimento, contribuíram para que eu buscasse meus sonhos; por esse motivo, serei eternamente grato.

Ao Prof^o. Msc Gilberto Rodrigues, meu orientador da graduação. Sempre me apoiou e ajudou-me nos momentos de que mais precisei, agradeço imensamente.

Aos amigos Netto, Ludmilla, Adriano, Karine, Lícia e Gildásio, companheiros fiéis durante esta jornada.

Aos queridos amigos que sempre me apoiaram: Diogo Davoglio, Eglimara Fabíola, Juninho Betti, Rafael Micali, Raphael Fagliari, Roberto Mello e Vinicius Guzzoni. Fica aqui registrado meu eterno agradecimento.

Ao amigo Carlos Furone, analista de sistema, proprietário da empresa Taqua Info, empresa sediada em Taquaritinga-SP, que desenvolveu o sistema da maneira como sugeri, para que eu conseguisse realizar o trabalho. Fica aqui meu eterno agradecimento.

Ao instrutor do Curso Master Mind - Aristeu Silva, grande amigo e incentivador, que me ajudou a cumprir esta etapa de minha vida. Por esse motivo ser-lhe-ei eternamente grato.

Estendo meus agradecimentos aos amigos (as) e companheiros (as) de curso Master Mind – Turma 2545. Obrigado por compartilharem experiências e servirem-me de inspiração. Serei eternamente grato.

À minha querida namorada Sarah, que incentivou e inspirou-me, ajudando-me a cumprir esta etapa. Fica aqui meu eterno agradecimento.

Em especial ao meu orientador, **Prof. Dr. José da Costa Marques Neto**, pelo apoio, dedicação, confiança, orientações precisas e seguras, e principalmente por acreditar em mim.

RESUMO

A construção civil é a indústria que mais consome recursos naturais em suas atividades. No Brasil, este quadro é agravado pela tecnologia construtiva, normalmente aplicada em construções novas, principalmente quando envolve obras de interesse social. Nestes empreendimentos, o processo tradicional de execução, aliado à baixa qualidade do gerenciamento da produção, favorece grandes perdas e desperdícios de recursos físicos, o que acaba por gerar enormes quantidades de resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros. Por todas estas razões, o diagnóstico da geração de RCC em empreendimentos habitacionais de interesse social torna-se um importante instrumento, uma vez que pode subsidiar estratégias de gestão do consumo de materiais para redução de desperdícios e custos. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo estudar a geração dos resíduos da construção civil de uma obra habitacional de interesse social, na cidade de Taquaritinga-SP, com especial foco na taxa de geração (kg/m^2) deste tipo de empreendimento. Como metodologia, realizaram-se revisões bibliográficas e documentais da obra objeto de estudo, e metodologias usadas por outros autores, em estudos anteriores, para a obtenção da geração de RCC e sua respectiva taxa de geração por metro quadrado. Cabe observar que, em países desenvolvidos, esse indicador de produção de resíduos provenientes de construções novas gira em torno de $50 \text{ kg}/\text{m}^2$, muito abaixo dos índices brasileiros, que giram em torno de $150 \text{ kg}/\text{m}^2$. Com a realização da presente pesquisa, encontrou-se a taxa de $226,28 \text{ kg}/\text{m}^2$, o que apresenta uma taxa dentro dos índices encontrados por diversos autores, especialmente Monteiro (2001).

Palavras-chave: construção civil; resíduos da construção civil; habitações de interesse social; resíduos sólidos.

ABSTRACT

The construction industry is the largest consumer of natural resources in their activities. It is estimated that a square meter of construction of a building is consumed an average of one ton of materials, which explains the use of large amounts of cement, sand, gravel, and other inputs during its construction process. Furthermore, the construction is the industry which produces more waste. In Brazil, this situation is aggravated by the construction technology normally applied in new buildings, especially in works of social interest. In these projects, the traditional process of implementation combined with poor quality of production management favors large losses and physical resources waste, which ultimately generate huge amounts of construction waste (RCC) in the beds. For all these reasons, the diagnosis of RCC generation in housing projects of social interest is of great importance, since it can support management strategies of material consumption to reduce waste and costs. In this sense, this paper aims to study the generation of waste from the construction of a housing project of social interest in the city of Taquaritinga-SP, with special focus on the generation rate (kg / m²) of this type of venture. The methodology will be held bibliographical and documentary reviews of the object of study work, and methodologies used by other authors in previous studies to obtain the generation of RCC and their respective generation rate per square meter. It should be noted that in developed countries, this waste production indicator from new construction is around 50 kg / m², well below the Brazilian indices that revolve around 150 kg / m². This study showed the rate of 226,28kg / m², demonstrating that the enterprise is slightly above the Brazilian indices. With the completion of this research, we hope to obtain important results for the area of social housing, as the studies of RCC does not include rates for this type of residential development, unlike the indexes extracted in vertical buildings or even reform and demolitions.

Keywords: construction; waste construction; social housing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dimensões das caçambas metálicas utilizadas para acondicionamento dos RCC produzidos no empreendimento HIS a serem cubicadas.	2
Figura 2. Características dos agentes geradores de RCC	12
Figura 3. Bombonas para acondicionamento inicial de resíduos	19
Figura 4. Suporte para bags em metal e madeira	20
Figura 5. Baias móvel e fixas para resíduos	20
Figura 6. Caçamba metálica.....	21
Figura 7. Padronização dos adesivos para sinalização.....	22
Figura 8. Execução de alvenaria	24
Figura 9. Execução de alvenaria até o respaldo	24
Figura 10. Execução de estrutura	24
Figura 11. Disposição dos resíduos na ATT da prefeitura municipal de Taquaritinga-SP.	26
Figura 12. Área da empresa coletora de entulhos.....	27
Figura 13. Interface do sistema de caçambas.....	2
Figura 14. Principais menus do sistema.....	2
Figura 15. Legenda utilizada nos fluxogramas de decisão.....	3
Figura 16. Fluxograma do modelo conceitual do sistema SISAGECO.....	4
Figura 17. Fluxograma 1 – referente à etapa do módulo cadastro do sistema SISAGECO.....	5
Figura 18. Fluxograma 2 - referente à etapa do módulo fluxo do sistema SISAGECO	7
Figura 19. Interface do sistema - Módulo Fluxo	8
Figura 20. Fluxograma 3 - referente à etapa do módulo relatório do sistema SISAGECO.....	9
Figura 21. Fluxograma 4 - referente à etapa do módulo relatório do sistema SISAGECO.....	10
Figura 22. Terreno do empreendimento antes do início dos serviços	14
Figura 23. Início dos trabalhos de terraplanagem	14
Figura 24. Área de descarte de terra no próprio empreendimento.....	15
Figura 25. Execução da etapa fundação.....	15

Figura 26. Corte e armazenamento de aço	16
Figura 27. Concretagem da fundação	17
Figura 28. Execução da etapa alvenaria	18
Figura 29. Execução da etapa cobertura	19
Figura 30. Execução da etapa revestimento	20
Figura 31. Demolição de contrapiso e revestimento cerâmico	21
Figura 32. Execução da etapa acabamentos	22
Figura 33. Resíduos da etapa serviços complementares.....	23
Figura 34. Execução da etapa cobertura	28
Figura 35. Armazenamento das telhas.....	29
Figura 36. Perdas de telhas na etapa cobertura	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Atividades do empreendimento	11
----------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil	7
Tabela 2. Composição de RCC com resultados de vários autores	7
Tabela 3. Geração de RCC em Kg/m ²	9
Tabela 4. Estudos da determinação da taxa de geração de RCC com base em medição direta.....	11
Tabela 5. Quantidade de RCC coletado por regiões no Brasil entre 2010 a 2012	13
Tabela 6. Geração de RCC mês (m ³).....	12
Tabela 7. Geração de RCC por etapa (m ³)	13
Tabela 8. Problemas e soluções na etapa acabamentos.....	21
Tabela 9. Problemas e soluções na etapa alvenaria/estrutura.....	24
Tabela 10. Planejamento da empresa para utilização de blocos e canaletas na etapa alvenaria/estrutura.....	25
Tabela 11. Projeção do autor para utilização de blocos e canaletas na etapa alvenaria/estrutura.....	26
Tabela 12. Comparação de perdas entre o Planejado x Utilizado.....	30
Tabela 13. Comparação de perdas entre o previsto em Projeto X Utilizado	30
Tabela 14. Material planejado para etapa acabamentos.....	32
Tabela 15. Percentual de perdas da etapa acabamentos	32
Tabela 16. Resumo da taxa de geração (kg/m ²) por etapas	34
Tabela 17. Empreendimentos executados no município de Taquaritinga	36
Tabela 18. Índices de diversos autores comparados com a área construída no município de Taquaritinga (2012 a 2014).....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Composição da geração de RCC no empreendimento (%)34

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Limpeza Pública

ATT – Área de Transbordo e Triagem

CEF – Caixa Econômica Federal

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

COMASP – Comitê de Meio Ambiente do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DOS – Disk Operating System

HIS – Habitação de Interesse Social

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

N^o.etapas LEV – Número de etapas levantadas

PGIRCC – Plano de Gerenciamento Integrado da Construção Civil

PGRCC – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

RCC – Resíduos de Construção Civil

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de São Paulo

SISAGECO – Sistema de Gerenciamento do Fluxo de RCC no Canteiro de Obras

TG – Taxa de geração de RCC

TG_e – Taxa de geração de RCC por etapa

TG_{M^{HIC}} – Taxa de geração média de RCC em Habitação de Interesse Social

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

U.H. – Unidade Habitacional

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
2.1. OBJETIVO GERAL	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. MÉTODO DE PESQUISA	2
3.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES	2
3.2. METODOLOGIA DE PESQUISA	3
3.3. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	2
3.4. LEVANTAMENTO DOS DADOS PRELIMINARES	2
3.5. DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO	3
3.6. ANÁLISE DOS DADOS	3
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)	4
4.2. DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RCC	4
4.3. COMPOSIÇÃO DE RCC	6
4.4. TAXAS DE GERAÇÃO DE RCC	8
4.5. GERAÇÃO DE RCC NO BRASIL	11
4.5.1 GESTÃO DE RCC NO CANTEIRO DE OBRA	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1 – CARACTERIZAÇÃO DA OBRA	23
5.2 – ACONDICIONAMENTO, COLETA E TRANSPORTE DOS RESÍDUOS	26
5.3 – SISTEMAS DE APOIO DE GERENCIAMENTO DO FLUXO DE RCC NO CANTEIRO DE OBRAS - SISAGECO	27
5.3.1 – ARQUITETURA E MODELO CONCEITUAL DO Sistema SISAGECO	2
5.4 – GERAÇÃO DE RCC	11
5.4.1 – GERAÇÃO DE RCC POR ETAPA	13
5.4.2 – GERAÇÃO PARCIAL DE RCC NA ETAPA ALVENARIA/ESTRUTURA	23
5.4.3 – GERAÇÃO PARCIAL DE RCC NA ETAPA COBERTURA	27
5.4.4 – GERAÇÃO PARCIAL DE RCC NA ETAPA REVESTIMENTO	31
5.4.5 – GERAÇÃO PARCIAL DE RCC NA ETAPA ACABAMENTO	31

5.4.5 – GERAÇÃO PARCIAL DE RCC NA ETAPA SERVIÇOS COMPLEMENTARES	33
5.4.6 – COMPARAÇÃO DA GERAÇÃO DAS ETAPAS	34
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	39
ANEXO 1 – Questionário aplicado ao programador do sistema.....	44
ANEXO 2 – Lei 3.330/03 de implantação de Central de Triagem de Resíduos Sólidos no município de Taquaritinga/SP	45
ANEXO 3 – Lei 3.273/02 que disciplina o uso de ‘CAÇAMBAS” no município de Taquaritinga/SP	48

1. INTRODUÇÃO

A construção civil destaca-se como um dos setores econômicos de grande relevância para o desenvolvimento do País. Sendo assim, é também uma das principais atividades causadoras de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, pela geração de resíduos, seja por alterações em paisagens (MARQUES NETO, 2005).

Os resíduos oriundos da construção civil são conhecidos popularmente como entulho de obra. Para Zordan (2001), esses resíduos gerados são os restos da maioria dos materiais de construção, como argamassas, areias, cerâmicas, concretos, madeiras, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos e tintas.

A construção civil brasileira gera milhares de empregos anualmente. No entanto, esta notória importância econômica não desfaz os impactos ambientais causados pelos resíduos gerados nos canteiros de obras do País. Com o objetivo de medir os danos ao meio ambiente causados pelos RCCs, algumas entidades buscam quantificar a massa de resíduos produzida nas cidades. Uma dessas entidades é a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE).

No Brasil, são gerados em torno de 122.262 mil toneladas/dia de resíduos relativos à construção civil e a obras de demolição. Desse montante, é coletada a média de 0,603 kg de RCC por habitante/dia (ABRELPE, 2014).

Segundo a Abrelpe (2007), a característica dos agentes geradores de resíduos no Brasil é oriunda de 20% de residências novas, 21% de prédios novos e 59% de reformas.

Diante desta realidade, o Estado de São Paulo, por meio do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP), possui um Comitê de Meio Ambiente (COMASP), onde são realizadas pesquisas, debates, elaboração de normas técnicas, entre outras atividades, afim de minimizar os impactos ambientais causados pela construção civil.

Com o objetivo de atender as resoluções vigentes, Marques Neto (2009) explica que, em relação à gestão dos resíduos da construção civil (RCC), o setor deve buscar a sustentabilidade do canteiro por meio da redução dos impactos causados por seus resíduos.

De acordo com Marques Neto (2009), para que a gestão possa ser realizada com sucesso, é necessário existir um conjunto de práticas de manejo dos resíduos gerados ao longo do processo construtivo, o que não ocorria na época do estudo e perdura nos dias atuais.

Cabe ressaltar que é possível reduzir a geração de resíduos nos canteiros por meio da gestão do consumo de materiais, o que contribui para a diminuição das perdas e dos desperdícios de insumos nos processos da obra. Portanto, para a redução da produção de resíduos, é necessário: o aperfeiçoamento dos projetos de arquitetura e engenharia; a seleção adequada de materiais; o treinamento de recursos humanos; a utilização de ferramentas adequadas; a melhoria das condições de estoque e transporte, e a melhoria da gestão dos processos.

Pelos aspectos demonstrados, o presente projeto de mestrado justifica-se plenamente porque o levantamento da geração de RCC contribuirá para as obras com esta tipologia na melhoria da qualidade da gestão da produção destas, com perspectivas de redução de desperdícios, custos e impactos ambientais. O diagnóstico da geração dos resíduos torna-se importante ferramenta para implantação de novos modelos de gerenciamento do consumo de materiais e de RCCs nos canteiros de HIS.

Os trabalhos científicos com esta tipologia de obra na área de resíduos são escassos. Já o aumento de empreendimentos com estas características tem sido frequente no Brasil e, em especial, no Estado de São Paulo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo estudar a geração dos resíduos da construção civil (RCC) em empreendimento habitacional de interesse social, na cidade de Taquaritinga-SP.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar a obra de interesse social, objeto de estudo;
- ✓ Diagnosticar a gestão dos resíduos da construção civil na obra estudada, no que diz respeito aos aspectos que cercam o acondicionamento, a coleta, o transporte e a disposição final dos RCCs gerados no canteiro;
- ✓ Calcular e comparar a geração de resíduos da construção civil e da taxa de geração (kg/m^2) da obra habitacional de interesse social em questão, com índices nacionais;
- ✓ Identificar os destinos dos resíduos produzidos no empreendimento objeto do estudo;
- ✓ Verificar o total de áreas licenciadas de obras de interesse social no município de Taquaritinga-SP, nos últimos 2 (dois) anos;
- ✓ Verificar a geração de RCC pelo parâmetro áreas licenciadas de obras de interesse social do município de Taquaritinga-SP;
- ✓ Criar nova metodologia denominada TG_{MHS} (Taxa de Geração Média de Habitação de Interesse Social).

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

No Brasil, poucas empresas de construção civil do segmento habitacional de interesse social (HIS) realizam gestão dos resíduos em seus canteiros de obras. A maioria dessas empresas não desenvolve ações para a diminuição da geração dos RCCs, tampouco elabora os planos de gerenciamento de RCC.

Nestes empreendimentos, o processo tradicional de execução, aliado à baixa qualidade do gerenciamento da produção, favorece grandes perdas e desperdícios de recursos físicos, o que acaba por gerar enormes quantidades de RCC nos canteiros (MARQUES NETO, 2005).

A implantação da gestão de resíduos no canteiro promove a criação e a manutenção de parâmetros e de procedimentos em obra para a gestão dos resíduos. Essas ações são fundamentais para assegurar o descarte adequado e, quando executadas amplamente por empresas do setor, promovem a minimização substancial dos impactos ambientais que a disposição inadequada dos resíduos gera (LORDÊLO, 2007).

Um importante instrumento para o gerenciamento dos RCCs em canteiros é o chamado PGRCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, proposto pelas Resoluções 307/2002, alteradas pela Resolução 448/2012 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Este plano é regido pela referida legislação ambiental e é estabelecido como obrigatório a todos aqueles considerados grandes geradores (CARNEIRO, 2005).

No capítulo introdutório, foi possível observar que os RCCs representam a parcela mais significativa de resíduos em relação à massa total de RSU de um município. Diferentes estudos indicam que essa parcela pode representar de 54% a 70% de toda massa de RSU (PINTO, 1999).

De acordo com Ângulo (2011), para obter a quantidade de massa gerada por mês, ela deverá ser calculada por meio do índice de geração de RCC, por unidade (m² construído). Essa forma de cálculo é usualmente empregada de forma

intencional, conforme é discutido por Cochran et al. (2007) e Solis-Guzman et al. (2009).

No Brasil, foram realizados diversos estudos visando a estimar a geração de RCC a partir da construção (PINTO, 1999; MARQUES NETO, 2005; CARELI, 2008). Nesses estudos, foram obtidas gerações de RCC por unidade de área (em m^2) de edificações verticais e horizontais com diferentes tipologias, variando entre $50 \text{ kg}/m^2$ e $150 \text{ kg}/m^2$. Os autores explicam em seus estudos que essa variação depende muito do controle da produção vigente em cada canteiro de obra.

Com relação à geração de RCC a partir de reformas, não existem levantamentos abrangentes. O único estudo identificado foi o de Morales, Mendes e Ângulo (2006). Estes autores obtiveram os RCCs por unidade de área de reforma (em m^2) de $470 \text{ kg}/m^2$ (ÂNGULO, 2011).

Segundo Ângulo (2011), em vários países, diversos autores buscam adotar metodologias mais precisas para quantificar e usar tais informações nas estratégias de gerenciamento dos RCCs (HSIAO et al., 2002; WANG et al., 2004; COCHRAN et al., 2007; COCHRAN; TOWNSEND, 2010; LAGE et al., 2010; LLATAS, 2011).

A metodologia de quantificação geralmente emprega índices de geração dos RCCs por unidade de área, dependendo da origem (construção, reforma e demolição) (ÂNGULO, 2011).

Na cidade de São Carlos, Marques Neto (2005) quantificou a geração de resíduos em cinco obras de diferentes portes e tipologias durante todas as etapas da construção. Como conclusão do trabalho, o autor determinou a taxa de geração de RCC de $137,02 \text{ kg}/m^2$ para construções novas.

3.2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Classificar as tipologias e os métodos de pesquisa não é tarefa simples, visto que a seleção do instrumental metodológico está diretamente relacionada com a natureza do problema a ser estudado. Além disso, a escolha dependerá de diversos fatores relacionados à pesquisa, sejam eles a natureza dos fenômenos, o objeto da pesquisa, os recursos financeiros, a equipe humana, sejam outros elementos que possam surgir no campo da investigação (MARQUES NETO, 2009).

O objeto de estudo foi um empreendimento habitacional de interesse social do Programa Minha Casa Minha Vida, contendo 401 casas unifamiliares com área de 47,43 m², construídas na cidade de Taquaritinga-SP, por empresa construtora deste segmento.

Foi realizado diagnóstico da geração dos RCCs desta obra, com especial atenção aos aspectos que cercam o acondicionamento, o manejo e a destinação final destes resíduos. Para isso, foi realizada pesquisa de campo com levantamento de dados sobre as quantidades de resíduos produzidas no empreendimento ao longo das etapas construtivas.

Para Marques Neto (2005), a caracterização quantitativa dos RCCs permite fornecer a dimensão de sua geração e, após sua produção, é possível avaliar as perdas nos processos.

A metodologia de geração dos RCCs consiste no acompanhamento de cada etapa da obra com respectiva quantificação do volume total produzido durante sua duração.

Na caracterização quantitativa, são aplicados métodos que levam à criação de indicadores da geração de RCC. Um dos métodos que serão utilizados para se quantificar a geração de resíduos no empreendimento objeto de estudo é conhecido por: cálculo do movimento de cargas das empresas coletoras, no qual são aferidos os volumes produzidos e dispostos em caçambas com vistas ao seu transporte e disposição final (MARQUES NETO, 2005).

O método adotado para calcular esse volume baseia-se em controles que foram utilizados na obra. Esses controles tiveram como metodologia levantar os seguintes dados:

- ✓ número de caçambas/dia retiradas da obra;
- ✓ número de caçambas/mês retiradas da obra;
- ✓ avaliação da capacidade volumétrica das caçambas retiradas;
- ✓ cálculo do volume total/mês por meio do número de caçambas retiradas da obra e pela sua capacidade volumétrica;
- ✓ cálculo da massa total/mês pelo movimento de cargas das empresas coletoras, por meio da relação volume/massa obtida da massa unitária da composição RCC;

- ✓ avaliação percentual da origem dos RCCs na obra, por meio de controles e visitas *in loco*.

Para verificar a capacidade volumétrica de cada caçamba, o autor fez a cubicagem segundo a metodologia utilizada por Marques Neto (2009), conforme desenho a seguir.

A Figura 1 mostra as dimensões, em metros, da caçamba, que serão medidas *in loco* para efeito do cálculo da produção de RCC no canteiro de obra objeto deste estudo. Cabe ressaltar que, para cada caçamba de diferentes dimensões contratada, será realizada sua cubicagem, o que tornará os dados da geração mais confiáveis.

Figura 1. Dimensões das caçambas metálicas utilizadas para acondicionamento dos RCCs produzidos no empreendimento HIS a serem cubicadas.



Containeres Volume Total (m ³)	A	B	C	D	E	F
(m ³)						

Para efeito do cálculo da geração de RCC, será considerada a seguinte divisão das etapas da obra estudada: (1) Terraplanagem/Fundação; (2) Alvenaria e Estrutura; (3) Cobertura; (4) Revestimentos; (5) Acabamentos, e (6) Serviços Complementares. A metodologia de dimensionamento será a proposta por Marques Neto (2005, 2009), na qual são levantados os dados da geração dos RCCs durante todas as etapas da obra com obtenção da taxa de geração.

Segundo Marques Neto (2005), para calcular a geração de RCC nas obras, a equação a ser utilizada deve contemplar o cálculo de todas as áreas construídas e a quantidade total de resíduos gerados durante todas as etapas do processo construtivo. A equação a ser utilizada será:

$$TG = \text{massa de entulho/área total da obra} = \text{total de kg/m}^2$$

em que, TG = taxa de geração de RCC (kg/m²).

Após a identificação da TG do empreendimento pesquisado, o autor propõe e aplica nova metodologia que identifica a TG Média das Etapas pesquisadas, podendo utilizá-la para futuros empreendimentos da mesma tipologia. A equação a ser utilizada será:

Serviços Complementares – É a mistura de resíduos de todas as etapas descritas em uma única caçamba, além dos resíduos de limpeza de obra.

TGM_{HIC} = somatória da massa de entulho das etapas / número de etapas levantadas

Em que, TGM_{HIC}= taxa de geração de RCC (kg/m²) média para habitações de interesse social.

Utilizou-se para quantificar a geração de RCC, no município de Taquaritinga-SP, o índice (kg/m²) encontrado na obra objeto de estudo. Este índice será aplicado nas obras identificadas com a mesma tipologia, nos últimos 2 (dois) anos, no município citado.

Em relação às caçambas da obra, para controlar de maneira eficiente a quantidade de entrada e saída, foi desenvolvida uma metodologia que consiste em:

- ✓ Desenvolver um sistema de controle do fluxo de entrada e saída de caçambas;
- ✓ Confeccionar adesivos para que se identifique o fluxo de entrada e saída de caçamba da obra, facilitando assim sua identificação e evitando a duplicidade na contagem delas.

3.3. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A primeira etapa teve a função de delimitar o universo da pesquisa. O estudo terá foco em empreendimento habitacional de interesse social.

A análise dos dados restringe-se aos dados levantados no canteiro de obras da empresa pesquisada.

3.4. LEVANTAMENTO DOS DADOS PRELIMINARES

A segunda etapa iniciou-se no desenvolvimento do sistema. Foram levantados trabalhos científicos que contribuíram com a ideia de desenvolver um sistema para apoio ao canteiro de obras no controle do fluxo de entrada e saída de caçambas.

Após o desenvolvimento do sistema, foi possível controlar as caçambas em obras e elaborar relatórios para auxílio na análise dos dados.

3.5. DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO: ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO

O recorte do objeto de estudo foi definido por se tratar de uma construtora que está estabelecida no município onde a obra foi executada, facilitando assim o levantamento de dados. A construtora estudada tem uma preocupação constante no aprimoramento das técnicas construtivas e entende que, para isso, ela precisa conhecer o que, de fato, acontece em seus canteiros, o que contribuiu com a abertura da mesma para que estes levantamentos fossem possíveis.

3.6. ANÁLISE DOS DADOS

A partir da organização dos dados levantados em obra por meio do sistema, de entrevista e de visitas *in loco*, os resultados obtidos receberão tratamento a fim de atender a todos os objetivos específicos previstos neste estudo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

A construção civil destaca-se como um dos setores econômicos que possuem grande importância para o desenvolvimento do País. Sendo assim, ela também é uma das principais atividades causadoras de impactos ambientais, seja pelo consumo de recursos naturais, pela geração de resíduos, seja por alterações em paisagens (MARQUES NETO, 2005).

O setor é um dos maiores consumidores de recursos naturais do Brasil. Estima-se que sejam utilizados entre 20% e 50% do total produzido (MARQUES NETO, 2005).

Nos municípios brasileiros, os RCCs representam um grave problema. A maioria dos municípios não possui local adequado para a disposição destes resíduos, tendo ainda outros problemas, como a consequente alteração de paisagens, ocasionada por estes descartes irregulares, além de contribuir com a proliferação de insetos, roedores e outros vetores, e com o aumento da incidência de zoonoses. Dependendo do tipo de RCC descartado de forma irregular, ele pode contribuir com a contaminação do solo, águas e lençol freático.

De maneira geral, os RCCs são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo como principal impacto o grande volume gerado. Sobretudo, nesses resíduos, também podem ser encontrados produtos perigosos, materiais orgânicos e embalagens diversas (KARPINSK, 2008 ;CÓRDOBA, 2014).

4.2. DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RCCs

De acordo com o Art. 2º da Resolução nº 307 do CONAMA, de 5 de julho de 2002, os resíduos oriundos da construção civil são definidos como:

“Art. 2º Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da

escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha” (BRASIL, 2002).

Segundo a mesma resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002), a classificação dos resíduos de construção civil divide-se em 4 classes. São elas:

- Classe A – São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reforma e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidos no canteiro de obras.
- Classe B – São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros.
- Classe C – São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem/recuperação, tais como: espumas, couro, tecido.
- Classe D – São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, produtos químicos, amianto e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Na tabela de classificação da NBR 10.004/2004, os RCCs são enquadrados como resíduos classe II B – não perigosos, inertes. Pela mesma norma técnica brasileira, existem os resíduos classe I – perigosos; e os resíduos classe II A – não perigosos, não inertes. Uma obra pode produzir somente materiais inertes; outras, não inertes ou até mesmo perigosos, tais como: tintas, vernizes, plásticos, polímeros, colas, além dos resíduos resultantes das telhas de amianto, cujo pó é comprovadamente cancerígeno (CHAHUD, 2007, p.40).

A mudança de classificação desses resíduos pode ocorrer devido à particularidade dos materiais produzidos em cada obra. Desta forma, uma determinada obra pode apresentar resíduo inerte e outra pode apresentar elementos

que o tornam não inerte ou até mesmo perigoso, podendo oferecer risco à saúde do ser humano (SILVA, 2007).

De acordo com Silva (2007), a classificação dos RCCs em quatro classes distintas possibilita ao gerador realizar melhor manejo e segregação dos resíduos. A partir daí, o gerador poderá identificar a melhor solução para os resíduos gerados em seu empreendimento.

4.3. COMPOSIÇÃO DE RCC

De acordo com Zordan (2001), do ponto de vista da composição química, os resíduos da construção civil são considerados por muitos os mais heterogêneos entre os demais resíduos sólidos. Ele é constituído de restos de praticamente a maioria dos materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, entre outros) e a composição química de cada um de seus constituintes.

A composição dos RCCs, originários de cada serviço que compõe os trabalhos da construção civil, é diferente em cada país, em razão da diversidade de tecnologias construtivas empregadas. Diversos autores enfatizam que os resíduos ingleses, norte-americanos e australianos possuem altos teores de madeira, devido aos costumes locais e métodos construtivos diferenciados utilizados nas regiões (COSTA, 2012). No trabalho de Falcão (2011), ele apresentou diversas pesquisas realizadas no Brasil sobre a composição dos resíduos em lugares distintos, conforme ilustrado na Tabela 2.

De acordo com Carneiro (2005), ele diz que, nos países desenvolvidos, geram-se altos percentuais de papel e plástico, provenientes das embalagens dos materiais. Já no mesmo tipo de obra nos países que estão em desenvolvimento, geram-se em grande quantidade, predominantemente, resíduos de concreto, argamassa, blocos, entre outros, devido à baixa qualidade da mão de obra.

Deve ser levado em consideração que, além da baixa qualidade de mão de obra, outros aspectos podem influenciar positivamente para que países desenvolvidos gerem um percentual baixo de resíduos, tais como o emprego de tecnologia nas edificações e o aprimoramento dos processos lá utilizados.

Estudos realizados no Brasil indicaram que os resíduos gerados no país são predominantemente compostos por concreto e argamassa, rochas naturais e material cerâmico, apresentando, porém, grandes variações nas proporções de cada um destes (ÂNGULO,2005). No trabalho de Silva (2005), é possível identificar essas variações, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Composição média dos materiais de RCC de obras no Brasil

Componentes	Porcentagem (%)
Argamassa	63
Concreto e blocos	29
Outros	7
Orgânicos	1
Total	100

Fonte: SILVA FILHO, 2005.

Tabela 2. Composição de RCC com resultados de vários autores

Autor	Leite (2001)	Vieira e Molin (2004)	Carneiro (2005)	Morais (2006)	Santos (2008)	Bernardes (2008)
CIDADE	Porto Alegre	Maceió	Recife	Uberlândia	Petrolina	Passo Fundo
MATERIAIS	%	%	%	%	%	%
Argamassa	28	28	24	22	19	30
Cerâmica Polida	-	3	2	24	-	3
Cerâmica	26	48	17	1	30	24
Concreto	15	19	14	38	-	14
Pedras	31	-	9	-	-	14
Outros	-	2	7	2	37	5
Solo/Areia	-	-	27	13	14	10

Fonte:FALCÃO,2011.

De acordo com Falcão (2011), a composição dos RCCs apresenta-se com diferentes valores de acordo com a realidade das regiões, etapa da obra e evolução dos métodos construtivos adotados. Este parâmetro é um dos indicadores de que os construtores devem acompanhar de perto, visando a reduzir as perdas dos materiais dentro de seus canteiros de obras.

4.4. TAXAS DE GERAÇÃO DE RCC

Os resíduos de construção são gerados em diferentes fases do empreendimento: fase de construção, fase de manutenção ou reformas e fase de demolição. A geração de resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas nos processos construtivos (FORMOSO et al, 1998).

Em virtude da variabilidade das situações encontradas, os agentes construtores devem ter o reconhecimento dos índices particulares de seu nível tecnológico, buscando investir em melhorias para conquistar competitividade no mercado e racionalidade no uso dos recursos não renováveis (PINTO,1999).

De acordo com Costa (2012), quantitativamente, a geração de RCC é diferente entre várias localidades, devido a diversos fatores, como: nível educacional; costumes da população; leis e regulamentações específicas; número de habitantes; poder aquisitivo; processos construtivos, incluindo as peculiaridades de cada construtora. Assim, essas características interferem diretamente no tipo e na quantidade de resíduo gerado. Segundo Costa (2012), a investigação da origem dos RCCs é importante para a qualificação e a quantificação dos volumes gerados. Por isto, algumas metodologias vêm sendo desenvolvidas e aplicadas nas investigações sobre os RCCs.

O valor da taxa de geração de RCC depende da intensidade da atividade de construção em cada local, da tecnologia empregada e das taxas de desperdício e manutenção (JOHN,2000).

Para encontrar a taxa de geração em kg/m², a Tabela 3 indica diversos autores que utilizaram variados métodos em que cada análise possui características e particularidades diferentes, devendo ser avaliadas para validação e confiabilidade na obtenção da taxa de geração de RCC (COSTA,2012).

Tabela 3. Geração de RCC em kg/m².

Localidades	Geração Estimada (kg/m²)	Fonte
Países Desenvolvidos	< 100	Monteiro (2001)
Brasil	300	Monteiro (2001)
Espanha	107,6	Solis-Guzman et al, (2009)
São Paulo	150	Pinto (1999)
São Paulo	49,58	Andrade (2001)
São Paulo	104 - 115	Careli (2008)
Recife-PE	69 - 86	Carneiro (2005)
Uberlândia-MG	89,68	Souza (2005)
São Carlos	137,02	Marques Neto e Schalch (2010)

Fonte: COSTA, 2012.

Segundo Costa (2012), nos valores citados por Monteiro et al. (2001) de < 100 e 300 kg/m², não há indicação dos procedimentos metodológicos seguidos para a obtenção dos mesmos. No valor de 150 kg/m², proposto por Pinto (1999), foi considerada a massa de 1.200 kg/m², oriunda de edificações executadas predominantemente por processos tradicionais e perda média de materiais nos processos construtivos em relação à massa de materiais, removidos como RCC, durante o transcorrer da obra, de 50%, chegando-se assim à taxa esperada de 150 kg/m² de área construída.

Buscando obter o mesmo índice médio de geração de RCC por m² construído, Carneiro (2005) chegou ao intervalo entre 69,28 e 86,41 kg/m², analisando dados referentes ao volume de RCCs gerados em 3 canteiros de obras. Para efeito dessa estimativa, foram admitidas duas hipóteses para a massa estimada das edificações: (i) a primeira levando-se em consideração a somatória das cargas de todos os pilares de uma das obras visitadas, dividindo-se este valor pela área total construída e, por fim, subtraindo-se deste a parcela de carga referente à sobrecarga (150 kg/m²), já que esta ainda não existe na etapa de construção, obtendo-se assim o índice de 1.060,29 kg/m²; (ii) a segunda hipótese foi a adoção de valor médio estimado por engenheiros calculistas atuantes na região do estudo, para edificações aporricadas de concreto, de aproximadamente 850 kg/m² (não sendo considerada a parcela de carga da sobrecarga). Assim, considerando – se o índice médio de perdas de materiais na forma de RCC de 8,15% e fazendo-se o

cruzamento de dados entre a massa estimada para a edificação e as perdas, obteve-se o valor de 86,41kg/m² e 69,28 kg/m², utilizando-se da mesma forma dados estimados (COSTA,2012).

De acordo com Costa (2012), Andrade et al.(2001) fizeram uma estimativa de entulho por unidade de serviço. Para o cálculo da massa de RCC por metro quadrado, utilizando-se de indicadores que relacionam a quantidade de serviço executado à área de piso de edificação e multiplicando-se os valores de entulho por metro quadrado de piso pela massa de RCC, por unidade de material, eles chegaram ao valor de 49,58 kg/m².

Já Careli (2008) fez a separação do RCC por tipo de resíduos e assumiu uma estimativa de densidade média por tipo de resíduo, considerando a forma como os diferentes tipos de resíduo são acondicionados e coletados, resultando nos valores para massa de resíduos por m² de 115,82 kg/m² e 104,49 kg/m² para duas obras analisadas.

Para a obtenção da taxa calculada por Souza (2007), foram quantificados RCCs gerados de 50 unidades habitacionais, de 44,52 m² cada, e através da informação sobre os volumes dos cones dos montes de RCC, considerando-se um volume de 3,10m³ por unidade habitacional e massa unitária média de 1.288kg/m³, obteve-se o valor de 89,68kg/m² de RCC gerado. De acordo com Costa (2012), esse dado, em se tratando de habitação popular, pode variar muito, uma vez que as variedades e as quantidades de material utilizadas nestas obras são muito menores que as utilizadas em obras de maior porte; já que, nas habitações populares, não há fôrmas, laje de forro, revestimento cerâmico, gesso, calçadas, áreas comuns, entre outros serviços que não são executados.

Já esses serviços não se aplicam para este caso, pois a obra em estudo possui fôrmas, revestimento cerâmico, calçadas e, mesmo assim, é um empreendimento habitacional de interesse social.

Marques Neto e Schalch (2010) chegaram à taxa quantificando os RCCs de 5 obras, sendo uma delas obra de reforma. Eles ainda consideraram a massa unitária de 0,6 t/m³, chegando à taxa de 137,02 kg/m². Costa (2012) identifica que, neste estudo, observa-se um valor atípico para a massa unitária, já que ele é inferior a 1t/m³.

Solís-Guzmanet al. (2009) chegaram à uma taxa de 307,6 kg/m², considerando o movimento de terra, e 107,6 kg/m² sem o movimento de terra, aplicando o modelo de quantificação, utilizando coeficientes estimados de geração de RCC por etapa dos serviços a serem executados, para construção de prédios de quatro andares, com 1.600 m² de área. Todos estes coeficientes foram estimados a partir de dados provenientes da Andalusia Construction Costs Database (COSTA,2012).

De acordo com Costa (2012), alguns autores procuraram estimar a taxa de geração de RCC de forma indireta, através de considerações e outros parâmetros, tais como índices de perdas. Já os estudos relatados por Souza (2005), Marques Neto e Schalch (2010) utilizaram métodos de medição direta dos resíduos gerados, sendo, portanto, mais representativos da realidade.

Observam-se na Tabela 4, os valores das taxas e outras características dos estudos relatados por Souza (2005) e Marques Neto e Schalch (2010).

Tabela 4. Estudos da determinação da taxa de geração de RCC com base em medição direta

Fonte	Área Construída da Amostra (m²)	Massa Unitária do RCC (kg/m³)	Taxa de geração (kg/m²)
Souza (2005)	2.226,0	1.288,0	89,68
Marques Neto e Schalch (2010)	1.795,3	600,0	137,02

Fonte:COSTA,2012.

4.5. GERAÇÃO DE RCC NO BRASIL

O aumento na geração dos RCCs no Brasil dá-se por contado momento positivo pelo qual a construção civil vem passando. Em contrapartida ao aumento da demanda de obras e ao conseqüente aumento da geração de RCC, escancararam-se os problemas ambientais que o setor causa no País. Muitos municípios não possuem condições financeiras para subsidiar usinas de reciclagem devido aos altos custos de equipamentos, de implantação e até mesmo operacional. Por dentro desta realidade, empresas privadas já se aproveitam da incapacidade política dos municípios e largam na frente, implantando, em muitos canteiros de obras, máquinas

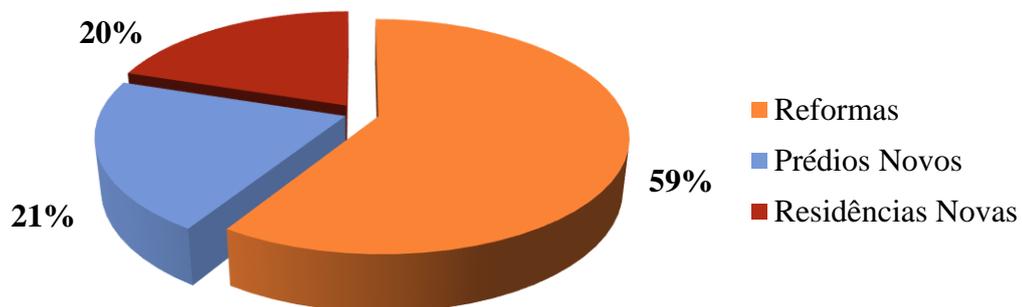
argamasseiras que servem para triturar os próprios resíduos minerais oriundos das obras, reutilizando o que seria descartado.

Em relação à gestão dos RCCs nas obras, Marques Neto (2009) explica que o setor da construção civil deve buscar a sustentabilidade do canteiro por meio da redução dos impactos causados por seus resíduos.

Para que esta gestão possa ser realizada com sucesso, é necessário existir um conjunto de práticas de manejo dos resíduos gerados. Cabe ressaltar que é possível diminuir perdas de recursos nos canteiros de obras com a consequente diminuição da geração de resíduos sem a mudança de tecnologia, por meio de aperfeiçoamento de projetos, seleção adequada de materiais, treinamento de recursos humanos, utilização de ferramentas adequadas, melhoria das condições de estoque e transporte e melhoria de gestão de processos.

A Figura 2 apresenta os tipos de obras que produzem RCC (ABRELPE, 2007).

Figura 2. Características dos agentes geradores de RCC



Fonte: ABRELPE, 2007.

No Brasil, são poucas as instituições que levantam o índice de geração de RCC do País. A Abrelpe possui um panorama em que todo ano é levantada a quantidade de RCC coletada. Com estes dados, pode-se deduzir qual a produção de RCC do Brasil. Deve-se levar em conta que o número de geração pode ser muito maior, já que, antes, este índice contemplava somente os resíduos descartados em pontos clandestinos.

A Tabela 5 apresenta as quantidades de RCC coletadas por regiões do Brasil e seus índices de coleta por habitante/dia, conforme dados publicados pela Abrelpe (2012).

Tabela 5. Quantidade de RCC coletado por regiões no Brasil entre 2010 e 2012

REGIÃO	2010 RCC Coletado (t/dia)/ Índice (kg/hab/dia)	2011 RCC Coletado (t/dia)/ Índice (kg/hab/dia)	População Urbana (Hab.)	2012 RCC Coletado (t/dia)	Índice (kg/hab.dia)
NORTE	3.514/0,301	3.903/0,330	12.010.233	4.095	0,341
NORDESTE	17.995/0,464	19.643/0,502	39.477.754	20.932	0,530
CENTRO-OESTE	11.525/0,923	12.231/0,966	12.829.644	12.829	1,000
SUDESTE	51.582/0,691	55.817/0,742	75.812.738	59.100	0,780
SUL	14.738/0,634	14.955/0,638	23.583.048	15.292	0,648
BRASIL	99.354/0,618	106.549/0,656	163.713.417	112.248	0,686

Fonte: ABRELPE, 2012

Analisando a tabela, é possível observar que entre os anos de 2010 e 2012 houve um aumento dos volumes de RCCs coletados em todas as regiões do Brasil, o que reflete discreta melhoria nos serviços de limpeza pública ou na coleta privada destes resíduos. No ano de 2012, a geração de RCC teve um aumento de 11% em relação ao ano de 2010. Esse aumento pode estar ligado ao aquecimento da construção civil que vem acontecendo no decorrer dos anos, motivados principalmente por projetos habitacionais de interesse social, financiados pelo governo federal.

Com a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, a gestão integrada de resíduos sólidos não fica limitada apenas aos planos municipais. Todos os demais planos a cargo do poder público, em princípio, poderão assumir uma perspectiva de coordenação das iniciativas relativas aos diferentes tipos de resíduos, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social. A exceção está nos planos de gerenciamento, em razão de serem direcionados a questões operacionais de resíduos específicos (ARAUJO; JURAS, 2011)

Segundo Araujo e Juras (2011), algumas das recomendações para o controle dos resíduos da construção civil devem estar contidas nos Planos de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil (PGIRCC), por serem de grande importância não só para as administrações públicas, mas também para as empresas construtoras que estejam comprometidas com a melhoria contínua dos processos, com a qualidade dos produtos e com o meio ambiente.

Algumas diretrizes deste plano devem ser seguidas para a obtenção de resultados eficientes e eficazes no processo de gestão destes resíduos. São elas:

- Projetos de gerenciamento de resíduos da construção civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício de responsabilidade de todos;
- Cadastramento de áreas públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a disposição posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;
- Estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;
- Proibição da disposição dos RCCs em áreas não licenciadas;
- Incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- Definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
- Ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
- Ações educativas com vistas a reduzir a geração de resíduos e possibilitar sua segregação;
- Promoção da separação prévia de materiais em caçambas ou “containeres” por tipo e natureza do material;
- Incentivo à limpeza nos canteiros de obra;
- Implantação de programas de combate às perdas e aos desperdícios de recursos;
- Incentivo a programas para a melhoria contínua da mão de obra;
- Adoção de medidas de incentivo de reuso e reciclagem de materiais (CHAHUD, 2007, p.32-33).

No Estado de São Paulo, o Sindicato da Indústria da Construção Civil (SindusCon-SP), por meio do COMASP (Comitê do Meio Ambiente do Sinduscon-SP), realiza pesquisas, promove fóruns, elabora normas técnicas, entre outras atividades, afim de buscar soluções para reduzir os impactos ambientais causados pelos RCCs.

Estes resíduos compõem uma parcela predominante da massa total dos resíduos sólidos urbanos gerados nas cidades. O município de São Paulo gera, em média, 17.240 ton/dia, ou seja, 55% da massa total gerada de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) no município. Em Guarulhos, em média, são produzidas 1.308ton/dia de RCC, o que representa 50% da massa total de RSU gerada no município. O mesmo ocorre em Campinas, onde a produção de entulhos de obras alcança 1.800 ton/dia ou 64% da massa total de RSUs gerados no município. Outros municípios, como Piracicaba e Ribeirão Preto, geram, respectivamente, 620 ton/dia e 1.043 ton/dia de RCC, valores que representam 67% e 70% da massa total de RSUs produzidos nestes municípios (SINDUSCON-SP, 2005).

Outro problema relacionado à construção civil são as construções informais, geralmente executadas pelos próprios usuários dos imóveis. Estudos apontam que 75% dos resíduos da construção civil pertencem a esse perfil de geradores (não formais), enquanto 15% a 30% dos RCCs são provenientes de construções formais (SINDUSCON-SP, 2005).

Todas as medidas que visam a reciclagem e evitam o desperdício de materiais nas obras são importantes, pois garantem a harmonia entre as atividades da construção civil e o meio ambiente urbano. A disponibilização de locais e de instalações para a disposição, triagem e processamento dos resíduos da construção civil traz às comunidades benefícios ambientais, econômicos e sociais, eliminando, em grande parte, os despejos clandestinos, melhorando a paisagem urbana e a qualidade de vida da população.

4.5.1 GESTÃO DE RCC NO CANTEIRO DE OBRA

Com o aquecimento que o setor da construção civil vem sofrendo nos últimos anos, o número de obras e, conseqüentemente, a geração de resíduos tem aumentado a cada dia, proporcionando uma realidade antes nunca vista no País, com relação às questões ambientais. Esse aumento da demanda trouxe à tona a dificuldade com que os municípios gerenciavam seus RCCs, tornando-se este um problema ambiental notável.

Por outro lado, os geradores, antes nunca preocupados com o destino dos resíduos gerados, viram-se obrigados, por força da nova PNRS, a preocupar-se com

o destino dado aos RCCs gerados nas obras. Dentro deste contexto, encontram-se os grandes geradores que são as construtoras, incorporadoras, entre outras, que tiveram de começar a empregar técnicas de gestão de resíduos em seus canteiros de obras.

O que era antes apenas um aperfeiçoamento da gestão das grandes empresas, hoje é uma obrigação por força de lei e há um notável avanço desta gestão nas obras.

De acordo com Guerra (2009), a redução da geração de resíduos não ocorre mais por meio da solução de um problema localizado que, se solucionado, proporciona grandes economias. Existe a necessidade de atuar de forma global no empreendimento, desde seu projeto até sua execução final, passando pelos fornecedores e serviços terceirizados e contratados.

Preocupações simples na fase de projeto, como desenvolvimento de projetos para produção, modulação de alvenaria e acabamentos, reaproveitamento das fôrmas e caminhamento de sistemas prediais, podem reduzir bastante a geração de resíduo. Da mesma forma, com a conscientização dos fornecedores e das equipes de trabalho, aliada a novos métodos construtivos, existe a possibilidade de reduzir ainda mais a geração de resíduos inerente à atividade de construir (GUERRA, 2009).

A autora cita ainda que a redução da quantidade de resíduo gerado assume três principais objetivos. O primeiro deles é a redução de custo com material, já que com essa diminuição, necessariamente, diminui a quantidade de material utilizado para executar a mesma tarefa. O segundo aspecto é que, quanto menos resíduo for gerado, menos trabalho será necessário para gerenciar e tratar esse passivo, o que leva ao critério relacionado ao ganho ambiental, pois diminui a quantidade de resíduos a ser depositada no meio ambiente. O terceiro aspecto está relacionado ao menor consumo de recursos naturais, uma vez que o retrabalho necessitará do emprego de mais consumo do recurso natural para a mesma tarefa (GUERRA,2009).

De acordo com Guerra (2009), o ponto de vista do gerenciamento destes resíduos no canteiro, a separação do resíduo na fonte em diferentes classes, é um processo dinâmico com o tempo. A geração do resíduo difere conforme a obra vai

entrando em novas etapas, o que apresenta uma diferença grande, em porcentagens, na geração de cada tipo de classe.

A separação do resíduo pode ocorrer em dois momentos: durante a geração na fonte, em cada área da obra, ou em um local onde eles possam ser depositados antes do destino final. Para isso, devem ser utilizadas estratégias para garantir essas separações, como a adoção de compartimentos de acondicionamento (GUERRA, 2009).

O gerador deve preocupar-se com a segregação destes materiais, certificando-se de que as classes não se misturem, evitando assim a contaminação dos resíduos e não comprometendo todo o processo montado.

4.5.1.1 METODOLOGIA OBRA LIMPA

A metodologia obra limpa, segundo Souza (2007), parte de uma análise da situação do canteiro e define intervenções para as etapas de segregação e destinação dos resíduos. São consideradas questões como:

- Sinalização e ordenação de fluxos;
- Treinamento da equipe de execução e equipes terceirizadas;
- Implantação de dispositivos de transporte e captação diferenciada de resíduos;
- Adequação dos novos fluxos ao arranjo físico do canteiro;
- Orientação para aplicação de resíduos reciclados;
- Destinação compromissada para cada tipo de resíduo não reutilizado;
- Reutilização e/ou reciclagem de resíduos;
- Aproveitamento de aparas (de blocos, metais, madeira e outros).

A implantação da metodologia pode ser dividida nas seguintes etapas:

- Palestra de orientação voltada à direção e ao corpo técnico da construtora, informando sobre a necessidade de colocar a gestão de resíduos entre as metas da construtora;
- Diagnóstico sobre a sistemática de tratamento e destinação dos resíduos em cada um dos canteiros de obra da empresa;
- Proposta para a implantação e o detalhamento das alterações necessárias para transporte e coleta do que será descartado;

- Adoção de recipientes específicos para a segregação dos diferentes materiais: madeira, plásticos, metal, papel, etc.;
- Treinamento rápido dos funcionários;
- Acompanhamento contínuo, por dois meses, para a solução de problemas pontuais que possam surgir;
- Transformação do canteiro de obras em um local limpo e seguro;
- Avaliação mensal dos resultados, com base em relatórios que pontuam o desempenho da equipe em relação à limpeza do canteiro, à segregação e à destinação dos materiais descartados;
- Comprovação documental da destinação compromissada dos resíduos da obra, obtida em cada um dos locais de destinação dos resíduos.

Entre as vantagens que podem ser observadas para as construtoras, após a implantação da metodologia, podem-se destacar:

- Redução do volume de resíduos a descartar;
- Redução do consumo de materiais, como areia e pedra;
- Mudança de cultura na empresa;
- Diferencial de imagem no mercado;
- Redução de acidentes de trabalho;
- Otimização do fluxo de resíduos e melhoria da produtividade;
- Ajuste aos padrões de desenvolvimento sustentável;
- A não responsabilização por passivo ambiental;
- Atendimento aos requisitos ambientais dos programas de certificação, como o PBQP-H, QualiHab e ISO 14.000.

4.5.1.2 – DISPOSITIVOS DE ACONDICIONAMENTO INICIAL

Os resíduos devem ser inicialmente acondicionados no próprio local onde são gerados. Plásticos, madeiras, papéis e metais de pequenas dimensões devem ser acondicionados em bombonas plásticas de 50 litros ou outro recipiente aberto e resistente. Internamente, os recipientes podem conter um saco de ráfia adequado ao tamanho da bombona, facilitando a disposição dos resíduos e a coleta para destinação final (Figura 3). Os recipientes para resíduos orgânicos devem possuir tampa e ser usados com sacos de lixo apropriados (SOUZA,2007).

Figura 3. Bombonas para acondicionamento inicial de resíduos



Fonte: SOUZA, 2007

4.5.1.3 – DISPOSITIVOS DE ACONDICIONAMENTO FINAL

O acondicionamento final dos resíduos deve facilitar sua retirada e destinação final. Este acondicionamento deve garantir que os resíduos continuem segregados. Outros materiais devem ser acondicionados em baias fixas ou móveis ou caçambas estacionárias.

Big bags

Os big bags devem ser utilizados no acondicionamento de papéis, plásticos e outros materiais leves, como fardamentos, luvas, botas, etc. O tamanho recomendado para os bags é de 90 cm x 90 cm x 120 cm. O local dos bags deve ser coberto e protegido de chuva.

Devem ser construídos suportes para o posicionamento dos bags, que podem ser metálicos ou em madeira. A finalidade do suporte é manter o bag aberto; portanto, o bag deve estar apoiado no chão, e não suspenso (Figura 4). É recomendado o uso de dobradiças na parte frontal do suporte para facilitar a retirada do bag (SOUZA,2007).

Figura 4. Suporte para bags em metal e madeira



Fonte: SOUZA, 2007.

Baias

O número de baias, assim como o tipo e suas dimensões, deve ser determinado de acordo com a necessidade de utilização em cada obra. Conforme ilustrado na Figura 5, alguns tipos de baias (SOUZA, 2007).

Figura 5. Baias móvel e fixas para resíduos



Fonte: SOUZA, 2007.

Caçambas estacionárias

Estas caçambas comumente têm capacidade de 3,0 a 5,0 m³. Seu uso deve ser determinado de acordo com a necessidade de cada obra, normalmente para acondicionamento de resíduos de madeira e/ou classe “A”. A Figura 6 indica o tipo de caçamba utilizada no empreendimento da construtora estudada.

Figura 6. Caçamba metálica



4.5.1.4 – ACESSÓRIOS

Para garantir que os resíduos continuem segregados e facilitar seu transporte do local de acondicionamento inicial até o acondicionamento final, é fundamental o uso de alguns acessórios.

Placas para sinalização

Para sinalizar baias e suportes para bags, devem ser usadas plaquetas de madeira ou outro material com 29,7 cm de altura e 21 cm de largura (tamanho A4), onde serão colados os adesivos com indicação do material a ser acondicionado.

As medidas indicadas nas plaquetas não são estabelecidas por normas, são apenas para melhor visualização dos operários no canteiro de obras.

Sacos de rafia

É recomendado o uso de sacos de rafia de 90 cm de altura x 60cm de largura para a bombona de 50 litros. O saco deve ser colocado de modo que vista internamente a bombona, ficando com uma pequena aba dobrada para fora e, assim, assegure que o material ficará dentro do dispositivo.

Etiquetas autoadesivas

Todos os dispositivos para coleta devem estar sinalizados com etiqueta autoadesiva, indicando o material, e com cores definidas pela empresa, conforme Figura 7. Estas etiquetas devem ter tamanho A4.

Figura 7. Padronização dos adesivos para sinalização



Fonte: SOUZA,2007

As bombonas usam os adesivos colados diretamente nas mesmas. Outros dispositivos necessitam de plaquetas onde o adesivo é colado (SOUZA,2007).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 – CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra objeto de estudo foi realizada no município de Taquaritinga-SP, onde foram construídas 401 unidades habitacionais. As residências fazem parte de uma obra HIS (Habitação de Interesse Social), realizada em parceria com a CAIXA (Caixa Econômica Federal), pelo Programa Habitacional Minha Casa, Minha Vida.

As famílias beneficiadas possuem renda familiar de até 3 (três) salários mínimos. A área construída da residência possui 47,43m², edificada em terreno de 8x20 metros = 160m². É composta por dois quartos, sala, cozinha e banheiro. A área de serviço fica na parte externa da residência.

O total equivalente à construção é de 19.019,43 m², com a previsão de execução em 14 meses.

De acordo com o Memorial Descritivo da obra (2013), a fundação foi executada do tipo viga baldrame, utilizando para armação de ferragem o aço 8mm e estribos do tamanho 17x22 fixados a cada 0,20cm na viga, e para a amarração da alvenaria, o mesmo aço de 8mm e o de bitola de 5mm. A alvenaria de embasamento foi executada com o bloco cerâmico (9cmx19cmx19cm) e as paredes foram erguidas com o bloco cerâmico semiestrutural do tipo 11,5cmx19cmx39cm, junto com o de 11,5cmx19cmx19cm e com o de 11,5cmx19cmx32cm para atender ao projeto de modelação. A alvenaria foi assentada com juntas horizontais e verticais de assentamento de 1,5 cm, conforme recomendações técnicas (Figura 8).

Foram executadas vergas e contravergas em todas as aberturas de portas, janelas, vitraux e venezianas, sendo elas executadas com canaletas cerâmicas de (11cmx19cmx39cm), preenchidas com concreto e com duas barras de aço de 5,00mm, sempre ultrapassando o vão em, pelo menos, 40 cm de cada lado.

No respaldo das alvenarias, foram executadas canaletas do tipo “J” com duas barras de aço de 5,0mm, corridas e preenchidas com concreto, fazendo amarração

nos cantos. Todos os cantos de parede tiveram pilaretes de amarração com blocos cerâmicos estruturais, preenchidos por graute e com dois ferros de 5,00mm que foram engastados nas brocas, conforme Figura 9.

Figura 8. Execução de alvenaria



As amarrações dos pilaretes com a alvenaria foram feitas com ferro de 5,0mm dobrados em forma de “U” com 40 cm de comprimento, sendo enganchados nos ferros dos pilaretes e colocados a cada duas fiadas.

Figura 9. Execução de alvenaria até o respaldo



Figura 10. Execução de estrutura



De acordo com o memorial descritivo (2013), a residência foi construída com o sistema de água fria e água quente. Todas as casas possuem sistema de aquecimento solar e boiler com capacidade de 200 litros e coletores com área de 2,00 m².

Em relação às lajes (Figura 10), foram executadas do tipo pré-moldadas, com altura de 0,7cm. Foi colocado laje em todos os ambientes da casa (MEMORIAL DESCRITIVO, 2013).

As esquadrias metálicas respeitaram todas as especificações do projeto, são todos em aço galvanizado e na fábrica passam por um tratamento de fosfatização, o que aumenta a resistência das esquadrias em relação à ferrugem. As portas dos dois quartos e do banheiro são de madeira compensada do tipo Mogno Bertioga.

De acordo com o Memorial Descritivo (2013), o telhado foi executado em estrutura metálica de aço galvanizado. As telhas são de concreto hidrofugado, tendo na parte superior do telhado as cumeeiras do mesmo material, e nas extremidades do telhado utilizaram-se rufos galvanizados.

As paredes internas e externas da alvenaria foram chapiscadas antes de receberem o revestimento final. Todas as residências foram pintadas com tinta látex. Não foi utilizado massa corrida nas casas. As esquadrias de ferro foram pintadas com esmalte sintético. As portas de madeira receberam o tratamento de verniz.

De acordo com o Memorial Descritivo (2013), receberam revestimento cerâmico (azulejos):

- ✓ No banheiro, até 1,50 m em todas as paredes;
- ✓ Na cozinha, até 1,50m na parede hidráulica;
- ✓ Na área de serviço: 1,50m na parede hidráulica do tanque.

Estes azulejos foram assentados com junta a prumo, empregando argamassa pré-fabricada (tipo cimenticola). Utilizou-se de azulejos ou de revestimentos cerâmicos nas cores branca e bege.

Os aparelhos sanitários são compostos por um vaso sanitário autossifonado de louça esmaltada, com caixa acoplada de louça. Foram instalados metais e acessórios em todos os aparelhos e louças (MEMORIAL DESCRITIVO, 2013).

5.2 – ACONDICIONAMENTO, COLETA E TRANSPORTE DOS RESÍDUOS

O acondicionamento dos resíduos da construção civil na obra pesquisada foi todo realizado por caçambas metálicas de 3m³, locadas em uma empresa terceirizada da cidade, onde está sendo executado o empreendimento.

As caçambas eram solicitadas pela construtora, para que fossem dispostas em pontos estratégicos da obra, a fim de acondicionar os resíduos gerados.

Todas as vezes que as caçambas estavam com a capacidade máxima de resíduos, os colaboradores acionavam a empresa prestadora de serviço para trocá-las e assim colocar uma vazia no lugar da outra.

Portanto, o transporte destes resíduos foi terceirizado, sendo que a referida empresa destinou todo o material gerado da obra na área de transbordo e triagem (ATT), licenciada pela CETESB, e de propriedade da mesma. Quando os resíduos (segundo análise subjetiva da empresa prestadora de serviço) não eram passíveis de reciclagem, ela descartava-os na ATT da Prefeitura Municipal de Taquaritinga-SP (Figura 11).

Figura 11. Disposição dos resíduos na ATT da Prefeitura Municipal de Taquaritinga-SP.



A figura 12 ilustra a área que é de propriedade da empresa que coletou os resíduos do empreendimento, do início ao fim.

Figura 12. Área da empresa coletora de entulhos



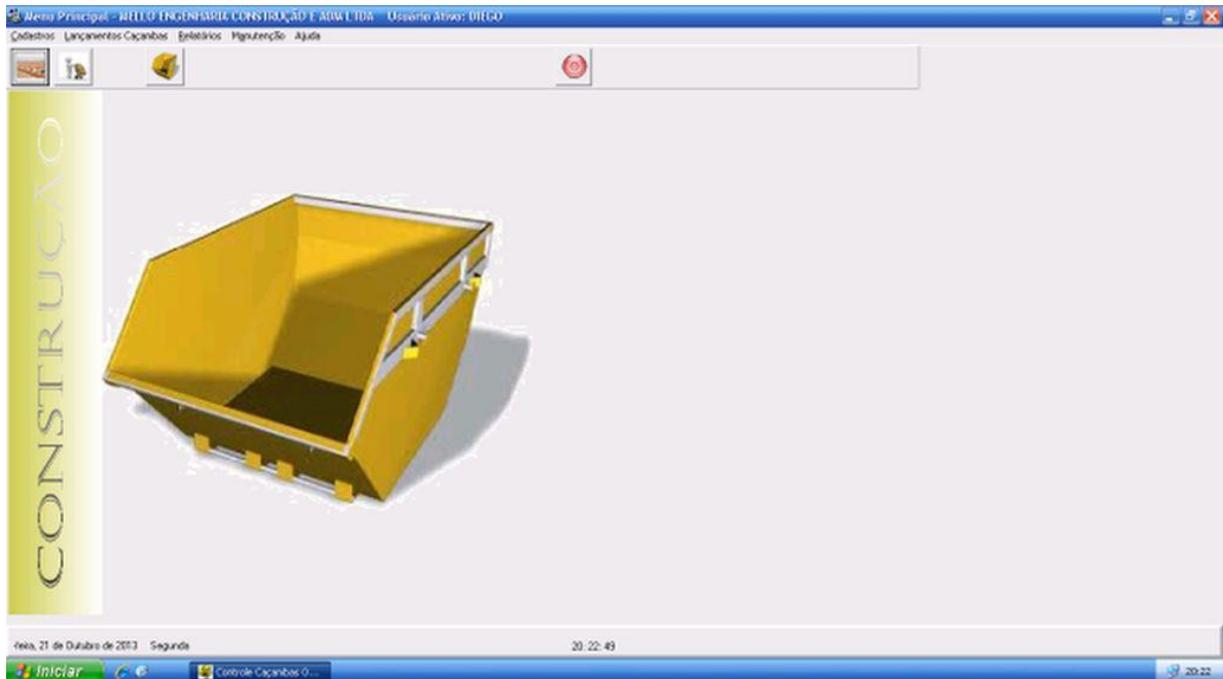
De acordo com os proprietários da área, futuramente, eles pretendem implantar, neste local, equipamentos que processem e reciclem os resíduos de construção. Por enquanto, eles possuem apenas a autorização de descarte nessa área.

5.3 – SISTEMAS DE APOIO DE GERENCIAMENTO DO FLUXO DE RCC NO CANTEIRO DE OBRAS - SISAGECO

O sistema é uma ferramenta que foi criada para facilitar o controle da movimentação (entrada/saída) de caçambas em canteiro de obras. Com ele, foi

possível realizar melhor gestão das informações que acerca o fluxo. Sua característica principal é a facilidade para entendimento e utilização por parte dos usuários.

Figura 13. Interface do sistema de caçambas



O sistema foi desenvolvido por uma empresa contratada pelo autor, localizada na cidade de Taquaritinga-SP.

A linguagem de programação utilizada foi a Dephi – Versão 7. De acordo com o desenvolvedor, existem outras versões do mesmo fabricante, tais como a versão 15 e 16, porém a versão utilizada neste sistema foi considerada por muitos analistas uma das melhores e ainda é muito utilizada.

Quando é realizado o *login* (usuário e senha), aparecem os 4 (quatro) processos principais, sendo eles: Cadastro; Lançamento de Caçambas (fluxo); Relatórios; Manutenção. Conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14. Principais menus do sistema



Dentro destes menus iniciais, apresentam-se os sub processos onde o usuário terá o acesso para inserir informações. No processo CADAstro, estão inseridos os subprocessos:

Segundo Carlos Furone (2013), profissional que desenvolveu o SISAGECO, antes os programas eram desenvolvidos na conhecida linguagem disk operating system (DOS), já esta linguagem utilizada no sistema fornece diversos recursos atuais. Além de fácil manuseio aos analistas, fornece ainda diversos componentes que os auxiliam no desenvolvimento. Ele ainda cita que é fácil encontrar componentes para complementar o desenvolvimento de um sistema, sendo por este motivo considerado por muitos analistas uma das principais linguagens comerciais do mercado.

- ✓ Obra: é o cadastro completo do empreendimento, onde se encontram: Nome do empreendimento; Endereço completo; Matrícula CEI do empreendimento; Telefone da obra; Pessoas de contato, e Número de unidades habitacionais a serem construídas.
- ✓ Fornecedores: são os dados cadastrais da empresa prestadora de serviço.
- ✓ Tipos de Caçamba: é o cadastro da capacidade das caçambas que podem ser utilizadas/cubicadas na obra.
- ✓ Etapa: é o cadastro onde são descritas todas as Macro etapas do empreendimento estudado.

Com exceção do sub processo **Tipo de Caçambas**, os demais possuem um campo descrito como Ativo e Inativo (S/N), para que o usuário tenha a flexibilidade de inativar e de reativar fornecedores, etapas e obras, a fim de evitar exclusões desnecessárias do sistema. Quando o comando INATIVAR for acionado, ele não aparecerá mais no campo onde é lançado o fluxo de entrada e saída de caçambas.

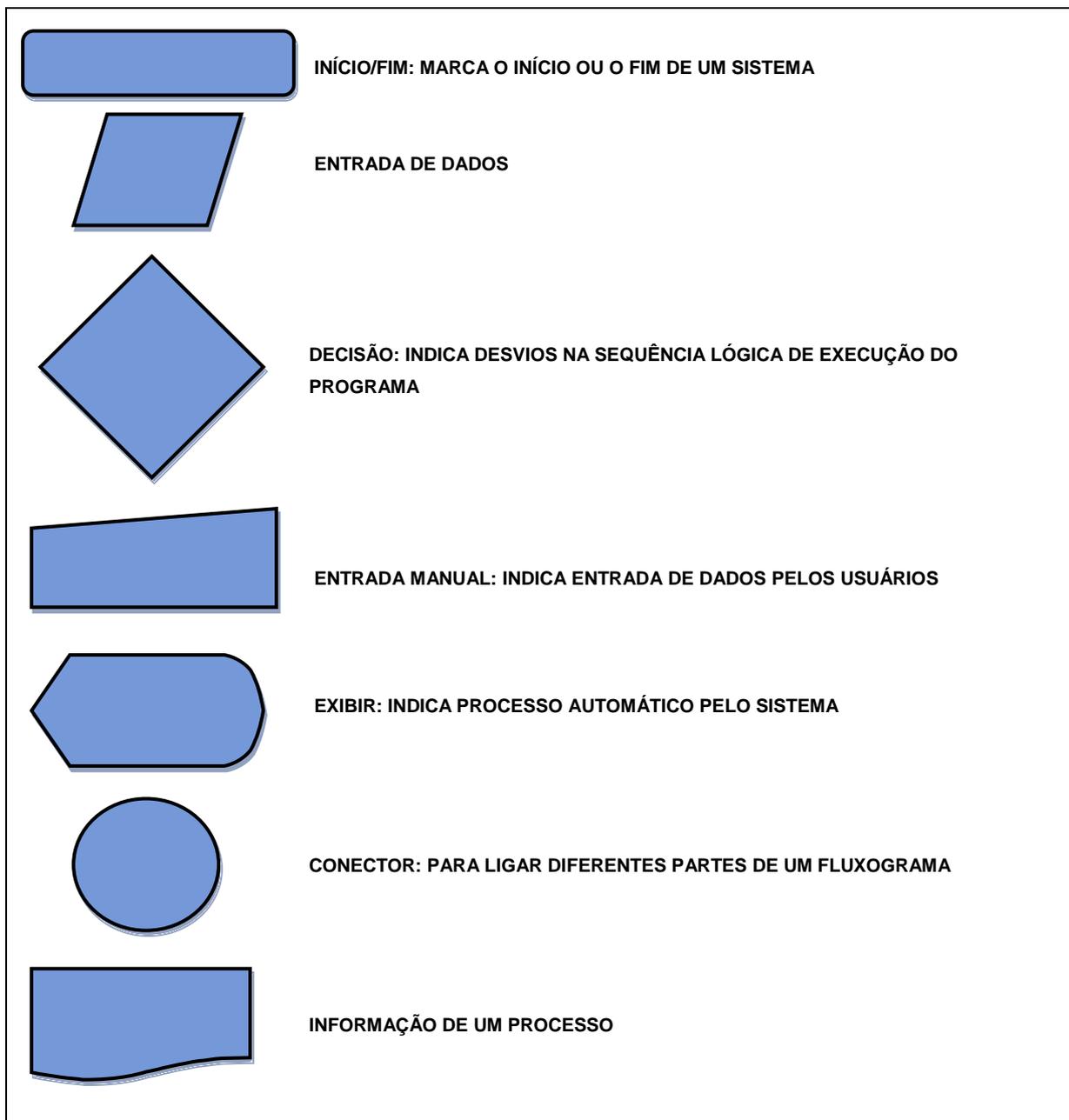
Já o processo LANÇAMENTO DE CAÇAMBAS, quando selecionado, abre uma tela onde será lançado todo o fluxo de entrada e saída de caçambas, conforme a Figura 19.

Vale ressaltar que o sistema sofreu diversas modificações no decorrer de sua utilização, a fim de aprimorar os processos.

5.3.1 – ARQUITETURA E MODELO CONCEITUAL DO Sistema SISAGECO

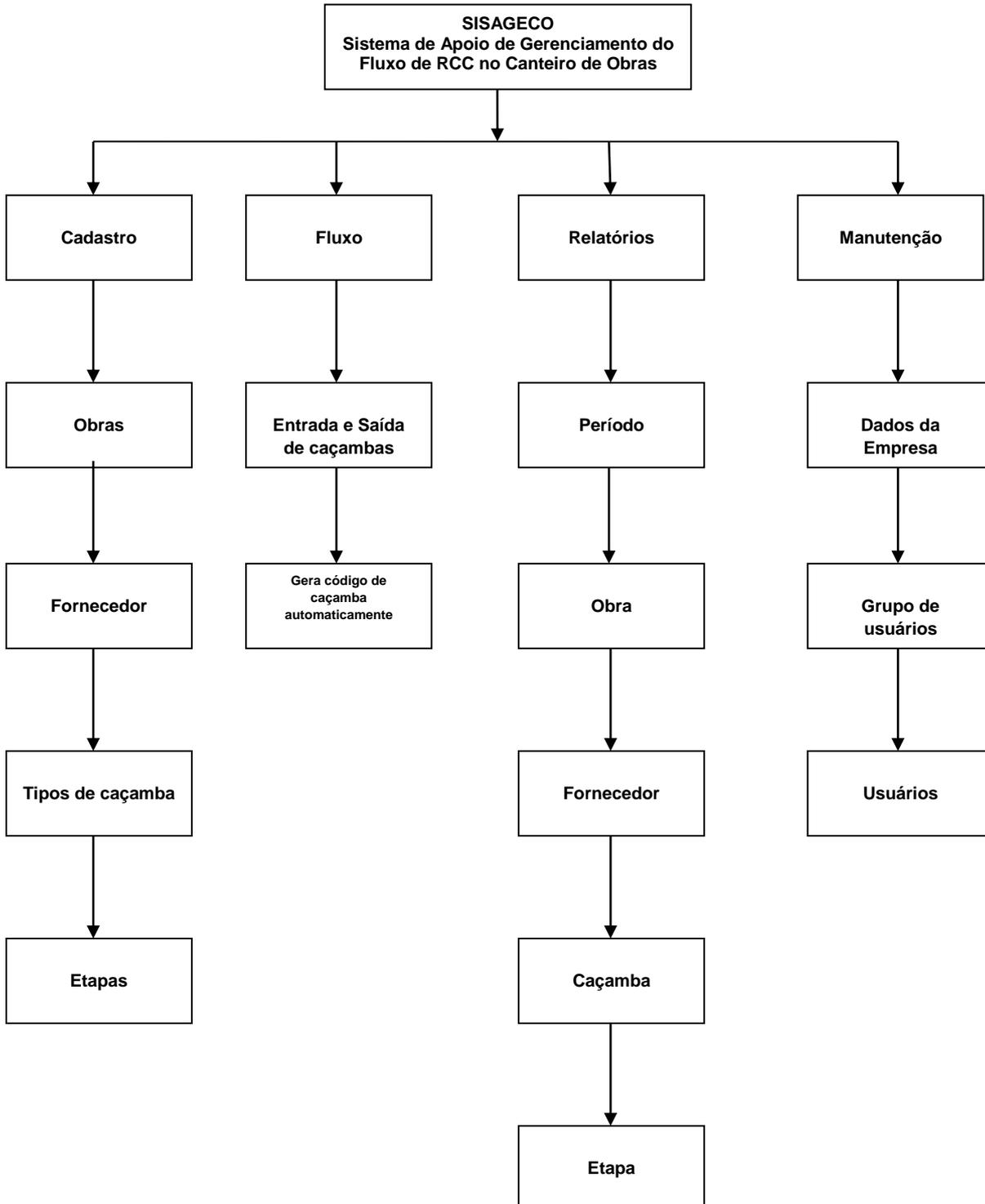
A construção da arquitetura do sistema constitui o primeiro passo para a estruturação do modelo conceitual do sistema de apoio ao gerenciamento. As diversas etapas foram representadas através de fluxogramas de decisão. A Figura 15 ilustra a legenda utilizada em todos os fluxogramas de decisão.

Figura 15. Arquitetura utilizada nos fluxogramas de decisão



O SISAGECO foi desenvolvido baseado na metodologia de movimentação de cargas, em que é analisada a entrada e a saída de caçambas no empreendimento. O fluxograma criado pelo autor é fornecido para a empresa que desenvolveu o sistema de caçamba e é ilustrado na seguinte estrutura, conforme Figura 16.

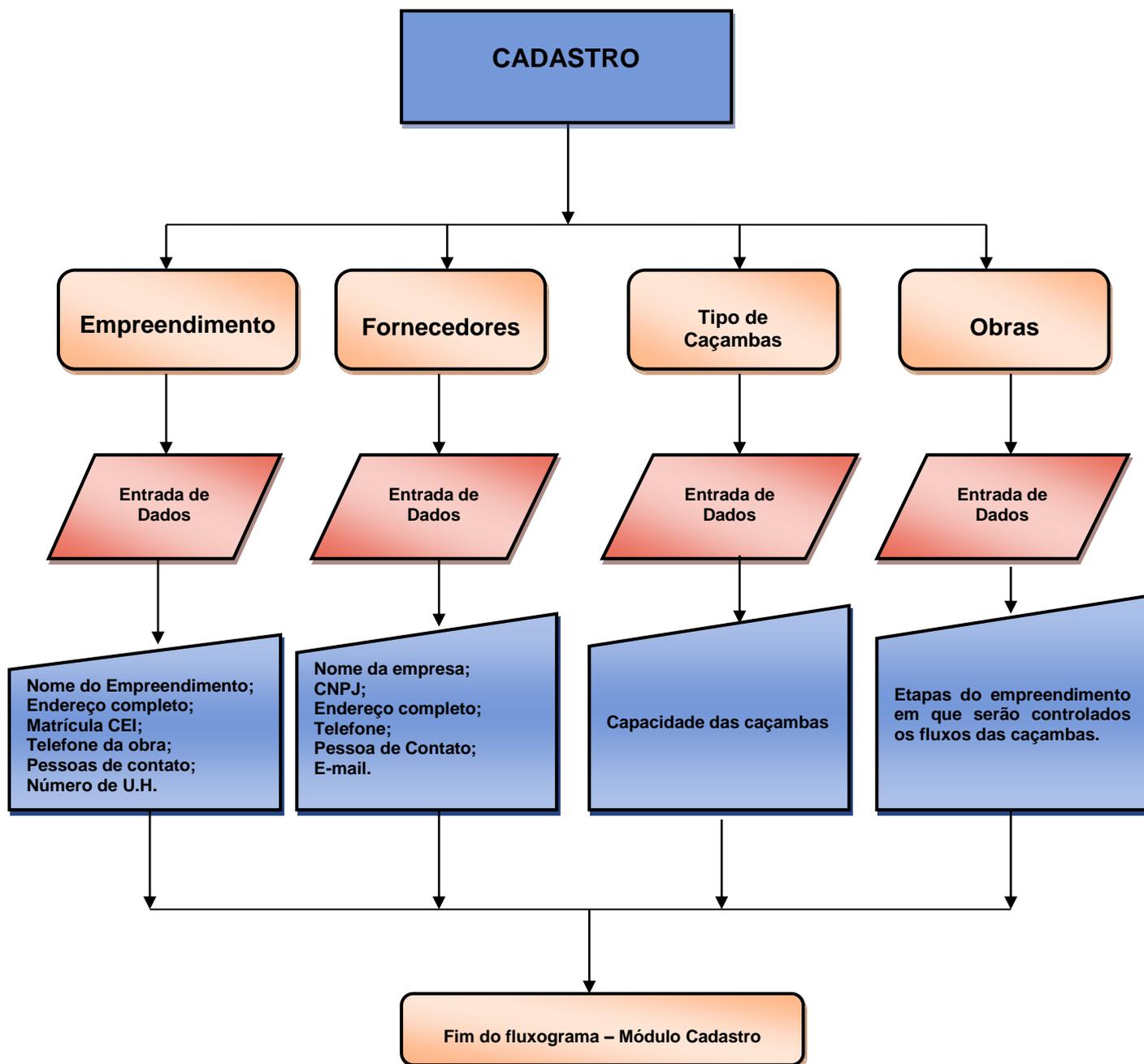
Figura 16. Fluxograma do modelo conceitual do sistema SISAGECO



5.3.1.1 MÓDULO SISAGECO - CADASTRO

A Figura 17 apresenta o fluxograma referente ao módulo de cadastro do sistema e suas etapas descritas na sequência.

Figura 17. Fluxograma 1 – referente à etapa do módulo cadastro do sistema SISAGECO



Para dar início à utilização do sistema SISAGECO, como primeiro passo, deve ser acessada a tela de cadastro que realiza a inclusão de diferentes tipos de empreendimento. Esse cadastro é necessário para identificar a quantidade de casas que serão executadas, qual o local de execução, entre outros dados que se fazem necessários para o adequado gerenciamento dos RCCs.

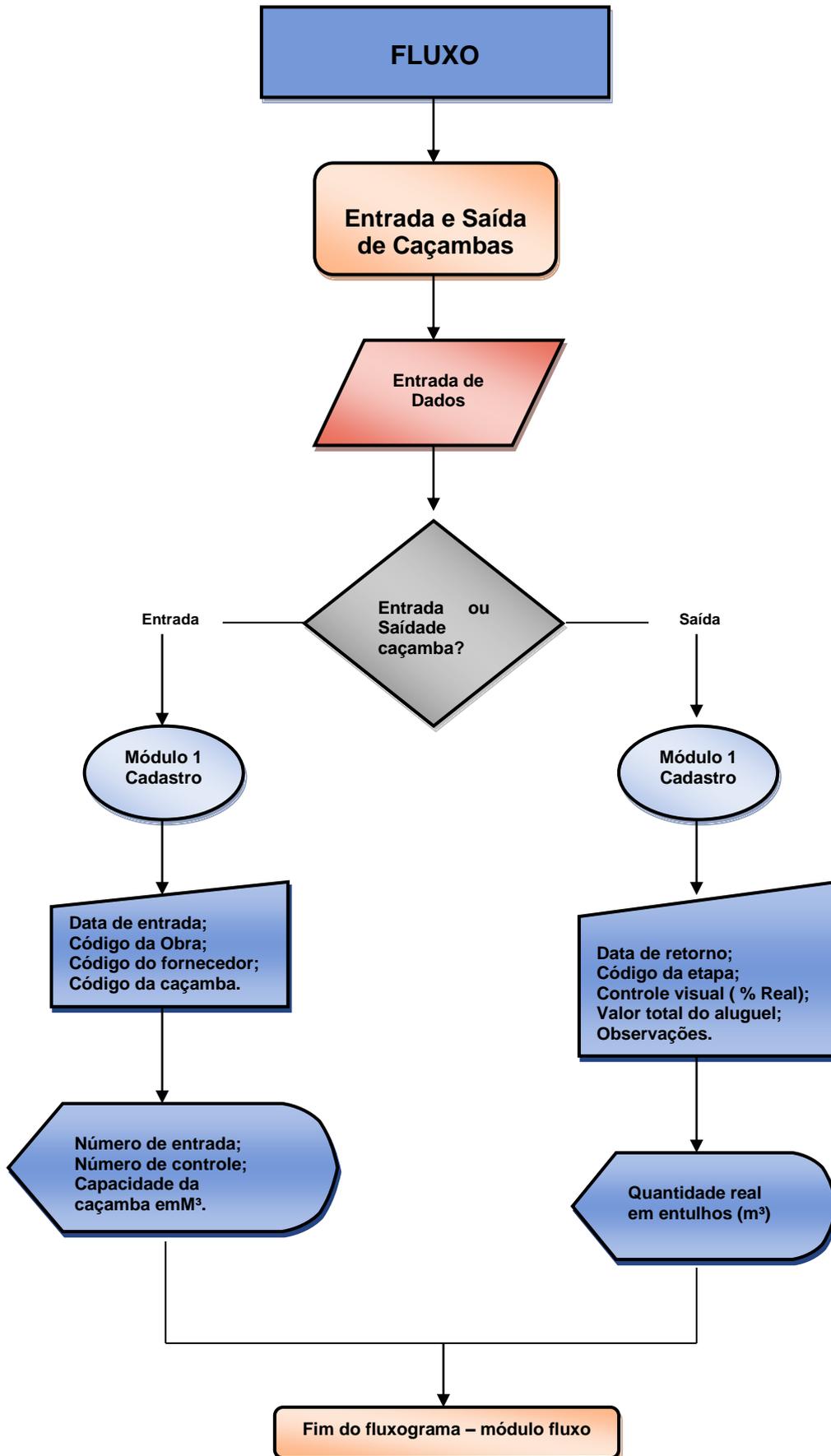
Além do cadastro do empreendimento, é realizado o cadastro de fornecedores. Esse cadastro é necessário para que os mais diversos prestadores de serviços do ramo de caçamba possam ser inseridos no sistema e, assim, analisados individualmente quando necessário. Como um empreendimento pode ter mais de um prestador de serviço no ramo de caçamba, o sistema facilita o gerenciamento do fluxo de cada empresa. Esse cadastro de fornecedores também é realizado por conta do cadastro do “tipo de caçamba”, já que os fornecedores podem ter diferentes caçambas no que tange à cubicagem delas. Identificar a cubicagem das caçambas de cada fornecedor é extremamente importante para que a metodologia proposta na pesquisa seja cumprida.

Ainda nesse módulo, pode ser realizado o cadastro das mais diversas etapas que o gestor queira analisar no decorrer do empreendimento. Essa análise, quando realizada, é uma importante ferramenta de análise para que a empresa aja assertivamente em determinados pontos do empreendimento, quando identificada uma alta geração de RCC.

5.3.1.2 MÓDULO SISAGECO - FLUXO

A Figura 18 ilustra o fluxograma referente ao módulo de fluxo do sistema, e suas etapas, descritas na sequência.

Figura 18. Fluxograma 2 - referente à etapa do módulo fluxo do sistema SISAGECO



Todo lançamento que for efetuado neste processo é praticamente o complemento de todo o módulo cadastro (Figura 17) anteriormente efetuado. Para que o preenchimento seja feito corretamente, é necessário clicar no botão novo. Depois de inserida a informação de entrada da caçamba, faz-se necessário salvar o lançamento para que seja realizado o mesmo processo quando a caçamba sair da obra; e isso poderá ocorrer dentro de alguns dias, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19. Interface do sistema - Módulo Fluxo

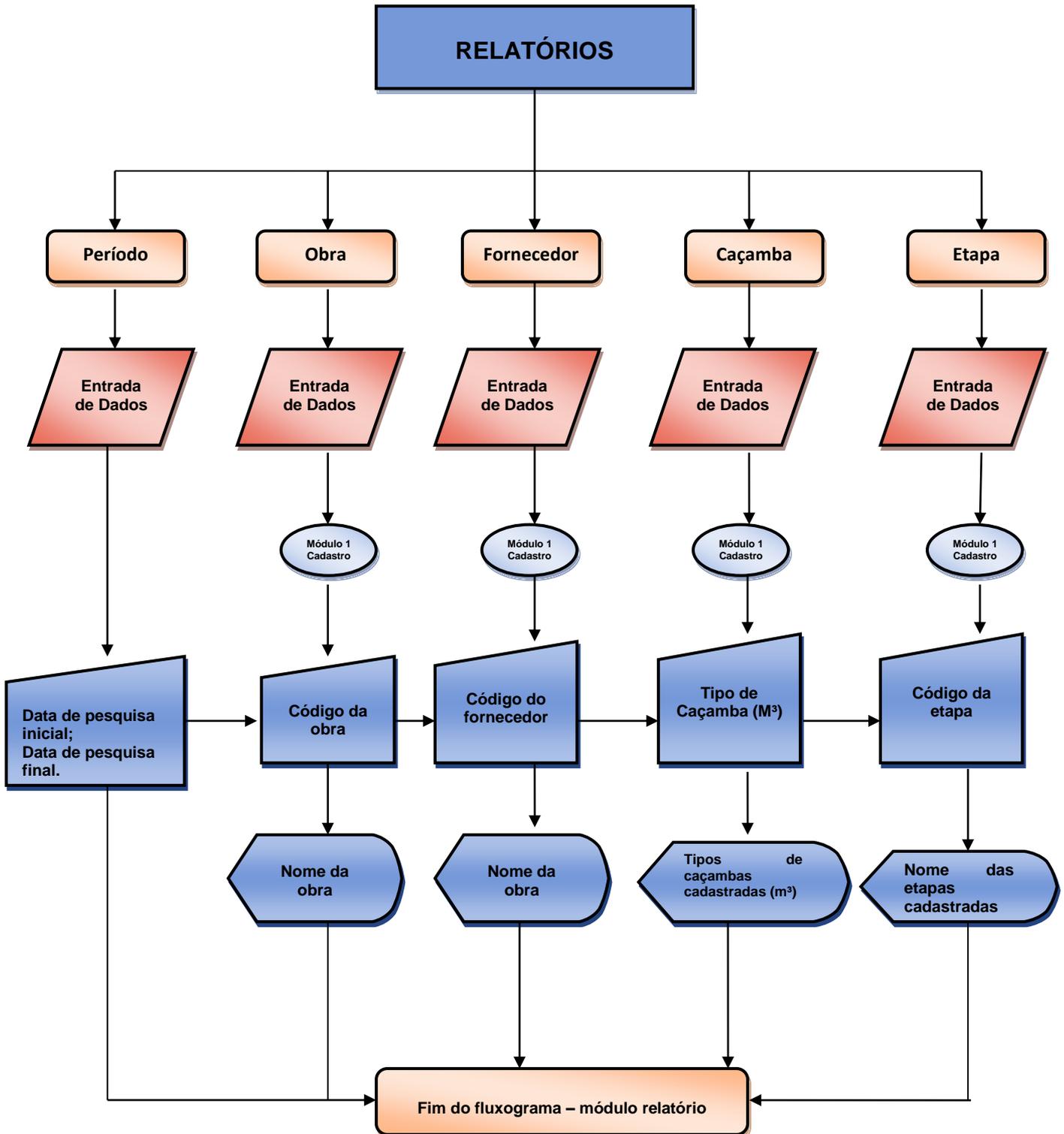
Para realizar este processo no sistema, é necessário editar o lançamento e apenas incluir a data de saída da caçamba e as demais informações necessárias. Neste momento, é observada a quantidade de resíduos que está saindo da caçamba, que é preenchida em porcentagem (%). Vale ressaltar que dificilmente uma caçamba foi retirada da obra sem conter 100% de sua capacidade total.

Após a indicação do volume da caçamba que está sendo retirada do empreendimento estudado, é informada a origem (macro etapa) daqueles resíduos. Desta maneira, é possível obter o volume gerado por etapa da obra, cumprindo, assim, um dos objetivos específicos deste trabalho.

5.3.1.3 MÓDULO SISAGECO - RELATÓRIOS

A Figura 20 ilustra o fluxograma referente ao módulo de relatório do sistema, e suas etapas, descritas na sequência.

Figura 20. Fluxograma 3 - referente à etapa do módulo relatório do sistema SISAGECO



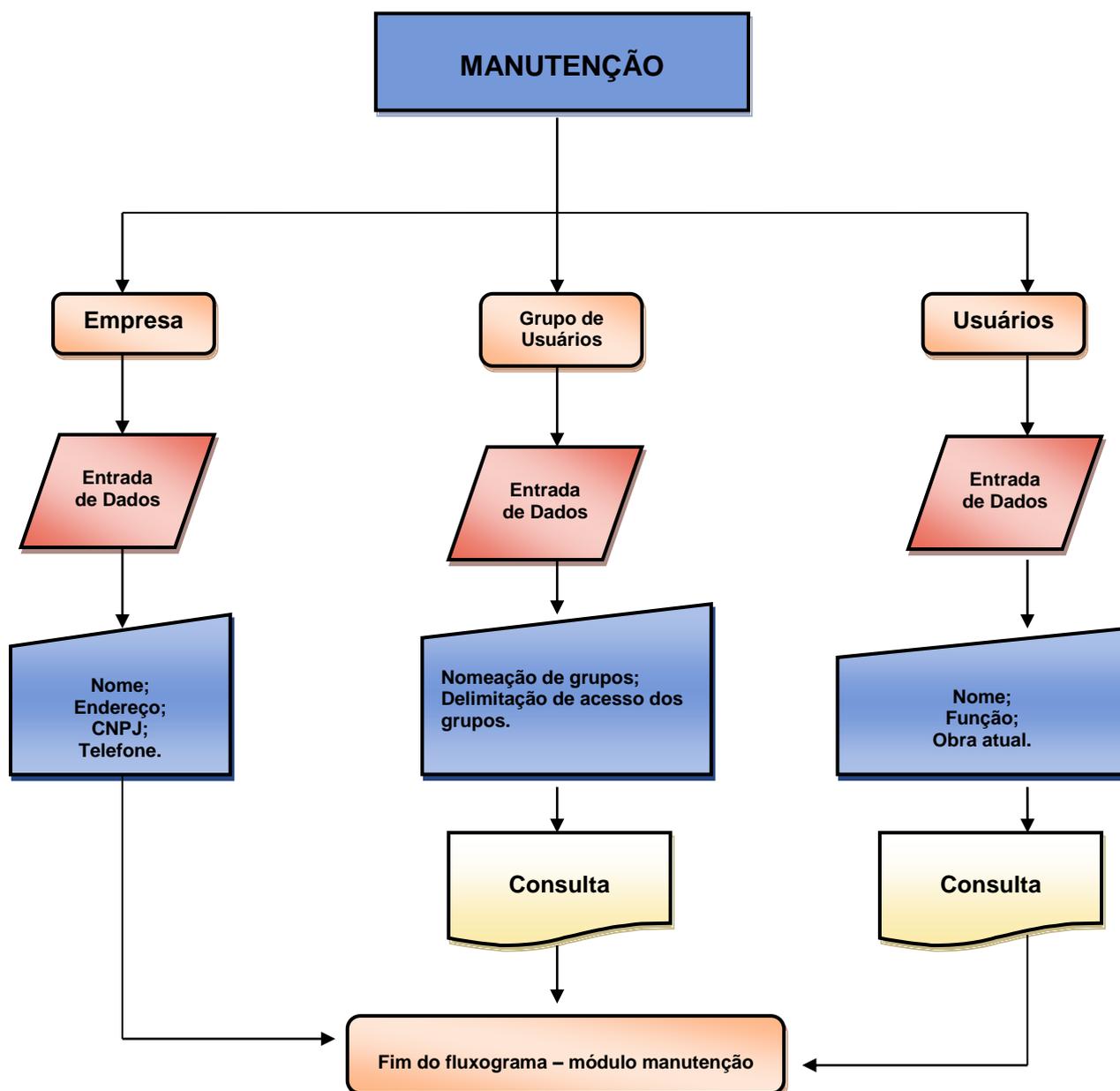
O módulo do sistema descrito na Figura 20 ilustra as várias possibilidades de emissão de relatórios que o sistema oferece.

O usuário pode emitir o relatório selecionam apenas um subprocesso. Quanto mais subprocessos forem inseridos na pesquisa para a emissão do relatório, mais bem detalhado ele será.

5.3.1.4 MÓDULO SISAGECO - MANUTENÇÃO

A Figura 21 ilustra o fluxograma referente ao módulo de manutenção do sistema, e suas etapas, descritas na sequência.

Figura 21. Fluxograma 4 - referente à etapa do módulo relatório do sistema SISAGECO



O módulo manutenção foi concebido com o intuito de cadastrar a empresa que utiliza o sistema, criar grupos de usuários e cadastrar os usuários que poderão utilizar o sistema SISAGECO.

Nesse módulo, ao criar grupos de usuários, o gestor do sistema poderá delimitar cada grupo. Assim, cada colaborador terá acesso limitado de acordo com o grupo ao qual foi inserido. Se o colaborador for da equipe gestora, ele terá acesso ilimitado ao sistema e pertencerá a um grupo que possui esses “privilégios”, podendo realizar alterações quando for necessário. Se o colaborador for da equipe de operações, ele terá acesso somente na alimentação do sistema nas obras.

Já o cadastro de usuários se faz necessário justamente para a identificação das funções dos colaboradores afim de remanejá-los para o grupo que melhor os enquadra. Além dessa designação, o cadastro de usuários faz-se necessário para criação de “usuário e senha” para acesso ao sistema.

5.4 – GERAÇÃO DE RCC

O empreendimento iniciou suas atividades no dia 17-04-2013, com o serviço de limpeza dos terrenos.

No quadro a seguir, observa-se a evolução do empreendimento.

Quadro 1. Atividades do empreendimento

Etapa	Início da execução	Final da execução	Período Etapa (Meses aprox.)
Terraplanagem/Fundação	17-04-2013	10/2013	06
Alvenaria/Estrutura	03-06-2013	05/2014	11
Cobertura	24-06-2013	05/2014	11
Revestimentos	24-06-2013	05/2014	11
Acabamentos	14-10-2013	06/2014	08
Serviços Complementares	1º-05-2013	06/2014	13

Para medir a geração de RCC no empreendimento, foi realizado o cálculo do movimento de cargas. As coletas de entulhos foram realizadas por empresas terceirizadas, sendo o fluxo controlado pela empresa construtora.

O levantamento de RCC no empreendimento foi realizado conforme metodologia descrita no capítulo 3. Foi aplicado o conceito do parâmetro de movimento de carga, sendo que o fluxo de entrada e saída das caçambas foi controlado com a ajuda de um software desenvolvido pelo autor. Com os

lançamentos realizados desde o início da obra, foi possível chegar a resultados como a geração total de RCC na obra e a representatividade desta geração por etapa.

Tabela 6. Geração de RCC mês (m³)

Período: 1º-05-2013 a 30-06-2014		
Mês	Nº de caçambas	Geração de RCC (m³/mês)
05/2013	01	03
06/2013	06	18
07/2013	91	273
08/2013	130	389,40
09/2013	124	372
10/2013	151	453
11/2013	133	398,10
12/2013	47	141
01/2014	112	336
02/2014	139	417
03/2014	90	270
04/2014	60	180
05/2014	85	255
06/2014	27	81
Total (M³)	1.196	3.586,50
Média Total Mês (M³)		256,28

A geração mensal dos resíduos, conforme observado na Tabela 6, iniciou-se com uma movimentação baixa. Com a evolução da obra, aumentou-se a movimentação e, conseqüentemente a geração de RCC. Sendo assim, analisou-se a geração de RCC neste período, da seguinte maneira:

Se considerarmos a massa unitária de 1,2 ton/m³ (PINTO,1999), temos:

$$3.586,50\text{m}^3 \times 1,2 \text{ ton/m}^3 = 4.303,80 \text{ toneladas} = 4.303.800 \text{ kg}$$

Para atender a um dos objetivos específicos do trabalho, será calculada, a partir da geração de RCC obtida acima, a taxa de geração em kg/m² para a obra, respeitando a metodologia apresentada no capítulo 3.

A obra, após 14 (quatorze) meses de execução e 100% concluída, gerou 3.586,50 m³ de RCC (Tabela 6). A geração de RCC, considerando a taxa de Pinto (1999), foi de 4.303.800 kg, conforme descrito acima.

Portanto, a taxa de geração de RCC do empreendimento foi de:

TG = massa de entulho/área total de construção = 4.303.800/19.019,43m² = 226,28kg/m².

De acordo com a geração de RCC encontrada, consideramos que a média mensal foi de 4.303.800kg / 14 meses= 307.414kg/mês.

5.4.1 – GERAÇÃO DE RCC POR ETAPA

A importância de identificar a geração de RCC por etapa faz-se necessária para que indicadores sejam levantados a fim de orientar em quais etapas do processo construtivo a empresa pesquisada possui gargalos e/ou falhas, possibilitando, assim, uma intervenção para melhorar seu processo produtivo.

Essa intervenção no empreendimento pode ocorrer a tempo, se os dados forem acompanhados e tratados de forma correta; caso contrário, só será possível aprimorar os processos produtivos em uma próxima obra, desde que possua a mesma tipologia da anterior.

Tabela 7. Geração de RCC por etapa (m³)

Período: 05/2013 a 06/2014		
Etapa	Nº de caçambas	Geração de RCC (m³)
Terraplanagem/Fundação	03	9
Alvenaria/Estrutura	551	1.652,10
Cobertura	19	57
Revestimento	382	1.146
Acabamento	115	344,40
Serviços Complementares	126	378
Total (M³)	1.196	3.586,50

Observou-se que, na etapa Terraplanagem/Fundação, não foi gerada grande quantidade de resíduos.

Figura 22. Terreno do empreendimento antes do início dos serviços



Figura 23. Início dos trabalhos de terraplanagem



Na terraplanagem, todo o movimento de terra realizado dentro da obra não foi descartado. A construtora optou por deixá-los em um local dentro do empreendimento, onde não atrapalharia a execução da infraestrutura e das unidades habitacionais (Figura 24). Posteriormente, esse solo foi utilizado para aterrar os contrapisos das U.Hs e utilizado na própria infraestrutura.

Figura 24. Área de descarte de terra no próprio empreendimento



Quanto à fundação, as brocas foram executadas mecanicamente. A construtora estudada possui um equipamento chamado por eles de “perfuratriz” (Figura 25), que é capaz de perfurar brocas com até 3 metros de profundidade.

Foram utilizados gabaritos de madeira para a marcação da vala, sendo que estas madeiras eram reaproveitadas ao máximo. Quando as madeiras não tinham mais utilização, elas eram descartadas em caçambas sob a identificação Serviços Complementares.

Figura 25. Execução da etapa fundação



Na execução da etapa Fundação, a construtora estudada possui as boas práticas de produção, conforme descrito anteriormente. Todo o aço comprado para a viga baldrame já veio cortado e dobrado direto da usina, respeitando o projeto

enviado pelo setor de engenharia ao fornecedor e à obra. Apenas os aços que são para a amarração da alvenaria vieram em barras de 12 metros e foram cortados na obra. *In loco*, foi medida uma sobra de 0,30 cm da barra cortada de 12 metros, sendo que, mesmo com essa “sobra”, os pedaços de aço foram utilizados na marcação da fundação, e de acordo com o coordenador de obras, Sr.º Joselino Fernandes, estes aços foram também utilizados nos enchimentos dos grautes, evitando assim a perda do material.

Figura 26. Corte e armazenamento de aço



Para apoiar as vigas baldrame nas valas, foram utilizados pedriscos para que a viga não ficasse em contato direto com o solo. Para concretar as vigas, utilizou-se de concreto de 20MPa com slump de 8 ± 2 , conforme Figura 27.

Figura 27. Concretagem da fundação



Durante os quatorze meses de obra observou-se, conforme gráfico 1 (um), que o resíduo predominante foi o da etapa alvenaria/estrutura, logo; a outra etapa, que teve significativa geração de resíduos, foi a de revestimento. O autor já esperava por este resultado, já que todos os estudos que discorrem sobre a geração de resíduos apontam que estas duas etapas, frequentemente, são as que mais se destacam.

Em relação às alvenarias executadas no empreendimento, a construtora possuía uma modulação do projeto arquitetônico que foi concedida como cortesia pelo seu fornecedor de bloco cerâmico.

Além da modulação, existe outra vantagem: o bloco é conhecido como semiestructural, possuindo quase todas as características de um bloco estrutural, com resistência superior aos blocos cerâmicos comuns. Este bloco permite que a tubulação elétrica e de água fria possa ser aplicada no momento das elevações dos painéis, ganhando assim produtividade e, conseqüentemente, evitando o consumo

excessivo de argamassa. Vale ressaltar que os blocos utilizados para a alvenaria de embasamento são blocos de 9x19x19 e não possuem qualquer função estrutural.

Apesar das vantagens que o bloco semiestrutural oferece, a empresa construtora não conseguiu usufruir dos benefícios na obra. Houve dificuldades em treinar os funcionários, encontrando muita resistência por parte deles.

Figura 28. Execução da etapa alvenaria



Apesar das vantagens do bloco já citadas, houve uma quebra considerável dele, retirando do empreendimento 521 caçambas somente na etapa Alvenaria/Estrutura, nos quatorze meses de obra.

Segundo o Sr. Joselino Fernandes, coordenador de obras da construtora estudada, este bloco foi utilizado pela 1ª vez em uma obra da construtora e, comparado com outras obras e outros blocos, o índice de quebra dele foi menor. Deve-se considerar que este tipo de análise é subjetivo, sendo que a empresa construtora não possuía indicadores de perdas das obras anteriores para comparar e provar esta afirmação do colaborador em questão.

A laje utilizada, conforme descrito no capítulo 5.1, é a laje protendida H8 pré-fabricada. A geração de entulho nesta etapa só aconteceu no momento do enchimento da laje com o concreto FCK 20, slump 12 ± 2 .

Em relação à execução da cobertura, a empresa construtora resolveu inovar neste empreendimento. Foi utilizada pela primeira vez a cobertura metálica. O departamento de engenharia enviou o projeto arquitetônico para a empresa fornecedora do material, onde foi desenvolvido todo o projeto para a cobertura. Por ter um projeto já definido, o índice de perda de material deveria ser menor; porém, segundo o coordenador de obras da construtora, “houve algumas alterações no projeto, e até que essas alterações fossem realizadas a tempo, houve perda maior do que a esperada, porém essa perda foi baixa se comparada com a estrutura de madeira que antes era utilizada pela construtora”.

A instalação das coberturas foi executada por empresa terceirizada, indicada pelo fornecedor das coberturas metálicas.

A telha utilizada foi a de cimento hidrofugado, o que permite uma cobertura maior em área e uma perda menor, se comparada com a telha cerâmica que antes era utilizada. De acordo com relatos de funcionários e com as visitas à obra, realmente foi visível o baixo índice de quebras das telhas hidrofugadas.

Figura 29. Execução da etapa cobertura



Na execução da etapa Revestimento, o chapisco foi executado de maneira rolada, utilizando-se de rolos de textura, evitando assim o desperdício de cimento. Na massa do chapisco, foi adicionado um produto à base de resina sintética, o que proporciona maior consistência na massa e possibilita, assim, a execução da maneira rolada. Em visita à obra, percebeu-se uma quantidade mínima de sujeira no interior e no entorno das residências, o que não é comum quando executado o chapisco da maneira convencional.

O revestimento (reboco) foi executado da maneira convencional, sendo toda a massa produzida na obra e fornecida para as equipes que executam o serviço. Nesta etapa, foi possível perceber aumento na geração dos resíduos.

Figura 30. Execução da etapa revestimento



Na fase de acabamento, a empresa estudada não possuía um projeto de modulação para assentamento de piso e azulejo. Este tipo de projeto ajuda a diminuir o corte das peças, evitando assim as quebras desnecessárias. Sem este projeto, houve alto índice de quebra, mas este índice também aumentou muito em decorrência de problemas nos lotes dos materiais. Além disso, foi constatado que, na mesma embalagem, havia tamanho de pisos diferentes, o que atrapalhava os colaboradores da empresa em fechar o esquadro da casa, aumentando o recorte dos materiais. Até esta informação chegar à gerência da empresa, houve perda considerável de material, sendo que, até então, o pessoal que executava o serviço descartava os materiais que julgavam de má qualidade (Figura 32).

Nesta etapa, houve outro momento de incidência na geração de RCC. Foi necessário refazer o trabalho de 57 (Cinquenta e sete) U.Hs. que já estavam com o contrapiso pronto ou com os revestimentos cerâmicos assentados. A tabela a seguir demonstra os problemas encontrados nestas U.Hs. e quais soluções foram adotadas.

Tabela 8. Problemas e soluções na etapa acabamentos

Serviço	U.Hs.	Problema	Solução
Contrapiso	07	Contrapiso estava oco.	Retirou todo o contrapiso e refez novamente.
	12	Contrapiso do box do banheiro estava sem caída.	Retirou todo o contrapiso e refez novamente.
	03	Má compactação do solo para a execução do contrapiso.	Retirou todo o contrapiso e refez novamente.
Revestimento Cerâmicos	37	Os pisos não receberam a quantidade de argamassa correta para o assentamento, deixando-os ociosos.	Retirou todo o piso e refez novamente.
	08	Pisos desnivelados, problemas nos contrapisos e rodapés mal cortados.	Retirou todo o piso e refez novamente. Os contrapisos com problemas foram corrigidos após a remoção dos pisos.
	12	Box dos banheiros em desnível.	Retirou todo o piso do box e refez novamente, deixando com a caída d' água.

Figura 31. Demolição de contrapiso e revestimento cerâmico



A geração de resíduos decorrente do retrabalho foi considerada como processo construtivo e não de demolição. Este tipo de perda deve ser considerado como erro de execução de projeto, além de métodos construtivos não adequados, mão de obra desqualificada, entre outros motivos que podem contribuir para a geração dessas perdas.

Figura 32. Execução da etapa acabamentos



Em relação à etapa de serviços complementares, considerou-se sendo a mistura dos mais variados resíduos oriundos de duas ou mais etapas executadas em uma mesma caçamba, sendo de difícil identificação.

É necessário ressaltar que a metodologia da pesquisa considera apenas resíduos que saem do empreendimento, os que ficam dentro não foram medidos.

No começo, houve baixa saída de caçambas em virtude de a empresa construtora ter realizado a limpeza do empreendimento alguns meses depois de seu início.

A etapa de serviços complementares gerou, no decorrer da obra, 126 caçambas de resíduos (Tabela 7), o que representou 10% do total gerado no empreendimento (Gráfico 1).

Destacam-se nesta etapa, os resíduos oriundos das calçadas externas, louças, solo, restos de madeiras utilizadas para andaime, fundação; ferramentas, embalagens diversas de materiais utilizados no decorrer da obra, tais como: cimento, massa pronta, argamassa de assentamento e de rejunte.

Figura 33. Resíduos da etapa serviços complementares



Em relação às latas de tinta, a construtora pesquisada realizava sua coleta através de veículo próprio, a fim de serem reutilizadas pelos colaboradores na mesma obra ou em uma futura. Muitos utilizavam como “caixa de argamassa”, “medidor de areias e água”, entre outras utilidades. Por este motivo, a captura deste tipo de resíduo foi baixa.

5.4.2 – GERAÇÃO PARCIAL DE RCC NA ETAPA ALVENARIA/ESTRUTURA

Conforme descrito no capítulo 3, identificou-se no decorrer do estudo a quantidade gerada em cada etapa da obra.

Com a finalização do empreendimento, foi possível identificar a quantidade total de resíduos gerados na etapa alvenaria/estrutura. Durante os 12 (doze) meses de execução desta etapa, geraram-se 1.652,10 m³ (Tabela 7, p. 43).

Houve momentos no empreendimento em que a alvenaria foi executada de maneira incorreta, acarretando prejuízos para a empresa estudada.

Abaixo, uma tabela para exemplificar os problemas que aconteceram durante a execução desta etapa e quais as soluções que a empresa adotou para corrigi-los.

Tabela 9. Problemas e soluções na etapa alvenaria/estrutura

Serviço	U.Hs.	Problemas	Solução
Execução de alvenaria com bloco cerâmico	27	Grautes sem preenchimento.	As Alvenarias foram furadas com ponteiro e preenchidas com a massa para o correto preenchimento do graute.
	1	Alvenaria fora do prumo.	Algumas paredes da U.H. foram arrancadas para que fossem executadas corretamente.
	1	Alvenaria fora de nível em 9 cm.	Algumas paredes da U.H. foram arrancadas para que fossem executadas corretamente.
	31	Utilização de blocos de má qualidade e que comprometeram a estrutura da alvenaria.	Algumas paredes da U.H. foram arrancadas para que fossem executadas corretamente.

Como podemos observar na tabela acima, muitos problemas ocorreram durante a execução da etapa alvenaria, muitos deles em decorrência da falta de acompanhamento por parte das lideranças.

De acordo com os relatos e preenchimentos dos documentos de acompanhamento de obra, houve grande índice de blocos de má qualidade fornecidos pela empresa contratada, o que também contribuiu, conforme Tabela 9, com o alto índice de problemas na etapa alvenaria. Segundo relatos, nenhuma providência foi tomada em relação ao fabricante; portanto, ele forneceu os blocos até o final da obra, expondo a deficiência administrativa da empresa.

Diante dos problemas apresentados, sugere-se comparar o referencial teórico *versus* referencial prático, para que se possa analisar o real índice de perdas de blocos e de canaletas cerâmicas neste empreendimento. E como fazer isso?

Para este levantamento, foi utilizado o planejamento de compra da empresa estudada *versus* o que realmente foi entregue na obra. É necessário comentar que o planejamento de compra utilizado pela empresa construtora foi baseado no projeto de modulação fornecido, por cortesia, pela empresa fabricante dos blocos e das canaletas cerâmicas, de bitola 11,5 cm x 19 cm x 39 cm.

É importante ressaltar que, na época do início do empreendimento, a empresa construtora não possuía profissionais capacitados para realizar este tipo de trabalho de modulação e também não contratava nenhum profissional para que o fizesse. Conforme descrito no capítulo 5.1, os blocos cerâmicos e o projeto de

modulação do empreendimento foram utilizados pela primeira vez na empresa. Na Tabela 10, o levantamento realizado a partir da análise descrita acima.

Tabela 10. Planejamento da empresa para utilização de blocos e de canaletas na etapa alvenaria/estrutura

Tipo de Bloco	Planejado (U.H)	Projetado total (401 U.H)	Utilizado (Total)	Consumo (%)
11,5 x 19 x 39	1.150	461.150	423.968	- 8,77
11,5 x 19 x 32	53	21.253	80.928	280,78
11,5 x 19 x 19	100	40.100	97.920	144,19
9 x 19 x 19	-----	-----	171.340	-----
CN 11,5 x 19 x 39	180	72.180	117.954	63,42

Conforme se observa na tabela acima, os blocos de 9x19x19 não foram modulados, já que eles seriam utilizados na alvenaria de embasamento. Entretanto, é importante ressaltar que o planejamento inicial da construtora era utilizar os blocos com bitola de 11,5x19x39 e os demais blocos que seriam necessários para executar a alvenaria de embasamento. Em uma adaptação que foi sugerida pela obra e acatada pelo engenheiro/proprietário da construtora, resolveu-se realizar esta mudança para o embasamento, utilizando o bloco 9x19x19.

Sendo assim, a modulação não foi refeita, e por este motivo o bloco 9x19x19 não foi contabilizado na Tabela 10, pois não seria possível identificar o nível de perda dele, já que não se obteve seu referencial teórico.

De acordo com o coordenador de obras, Sr. Joselino Fernandes, estas compras para este tipo de bloco para embasamento poderiam ser realizadas conforme necessidade da obra, já que a quantidade era menor, se comparada aos outros tipos de bloco que seriam utilizados no empreendimento.

Analisando a Tabela 10, observa-se que o bloco 11,5 cm x 19 cm x 39 cm não registrou índices de perdas. Isso foi em decorrência de a modulação não ter sido readaptada, já que o bloco 11,5 cm x 19 cm x 39 cm não seria mais utilizado para a alvenaria de embasamento; portanto, a utilização dele seria menor em relação ao que foi previsto anteriormente. Para os demais blocos e canaletas, nenhuma alteração foi considerada.

Diante do exposto, o autor encomendou um projeto de modulação a fim de adaptar a **quantidade real de blocos e canaletas que foram utilizados no empreendimento versus o ideal a ser utilizado** (conforme projeto de modulação encomendado). O resultado está descrito na Tabela 11.

Tabela 11. Projeção do autor para utilização de blocos e canaletas na etapa alvenaria/estrutura

Tipo de Bloco	Projetado (U.H.)	Projetado total (401 U.H.)	Utilizado (Total)	Consumo (%)
11,5 x 19 x 39	958	384.158	423.968	10,36
11,5 x 19 x 32	220	88.220	80.928	- 9,01
11,5 x 19 x 19	83	33.283	97.920	194,20
11,5 x 19 x 04	12	4.812	-----	-----
9 x 19 x 19	610	248.219	171.340	- 44,87
CN 11,5 x 19 x 39	-----	-----	117.954	-----

Observa-se que, na Tabela 11, tem-se dois tipos de blocos (11,5x19x39 e 11,5x19x19) e que não se obtiveram índices de perdas. Sendo assim, pode-se considerar que somente o projeto de modulação não é suficiente para a execução da alvenaria, mas uma equipe qualificada e condições adequadas para o armazenamento dos blocos são condições fundamentais para a garantia de uma boa execução. Todos estes fatores contribuem para a redução dos desperdícios de materiais da etapa alvenaria.

Em relação à estrutura, não houve incidência de perda. O que foi previsto em projeto para compra de laje pré-moldada foi de fato adquirido e executado, sem gerar perdas. Já no concreto utilizado para o enchimento das lajes, houve perdas no momento da execução devido a vazamentos. O que gerou de resíduos nesta etapa ficou incorporado no empreendimento, e o resíduo incorporado não foi medido.

Diante dos índices expostos, pode-se calcular a geração de RCC para esta etapa. Para isso, utilizou-se do índice encontrado por Pinto (1999), que foi de 1,2 tonelada por m³; sendo assim, a geração de RCC nesta etapa foi de:

$$1.652,10 \text{ m}^3 \times 1,2 = 1.982,52 \text{ toneladas} = 1.982.520 \text{ kg.}$$

Com estes índices, pode-se concluir que, nos 12 (doze) meses de execução da etapa alvenaria/estrutura, chegou-se à geração média de 165,21 toneladas/mês.

Se esta etapa representa 46% (Gráfico 1, capítulo 5.4.6) dos resíduos gerados até o momento, o autor considerou que essa porcentagem será utilizada para encontrar o quanto esta etapa representa diante do índice total encontrado no empreendimento. O valor encontrado na TG do empreendimento foi de 226,28 kg/m² (Capítulo 5.4). Considerando estes valores, a representatividade desta etapa perante o valor total da TG encontrada é de 104,09 kg/m². **Portanto, a TG da etapa de alvenaria/estrutura é de 104,09 kg/m².**

5.4.3 – GERAÇÃO PARCIAL DE RCC NA ETAPA COBERTURA

A etapa cobertura obteve uma geração de resíduos relativamente baixa no empreendimento devido a dois fatores. A empresa pesquisada adotou a execução pela cobertura metálica e a utilização da telha hidrofugada, eliminando a estrutura de madeira que, antes, era utilizada e a telha cerâmica, sendo estes dois últimos materiais responsáveis por grande parcela na geração de RCC em obras.

A vantagem da cobertura metálica para a empresa construtora é de que elas vêm prontas, de acordo com os cortes previstos em projeto, o que auxilia na redução da perda de material em obra, já que o processo de corte não é feito *in loco*, evitando-se assim o contato de profissionais não especializados neste processo de produção.

Além destas vantagens, o material possui alta durabilidade, produzido em perfis galvanizados Z-275, sendo este tipo de perfil, segundo o fabricante, ideal para coberturas metálicas.

Em relação à montagem da estrutura em obra, a empresa pesquisada optou por terceirizar o serviço. Eles contrataram profissionais indicados pela empresa fornecedora do material. Eram profissionais extremamente especializados, já que executam somente este tipo de serviço, o que também foi um fator preponderante para o baixo índice de perda.

Figura 34. Execução da etapa cobertura



Em relação à telha hidrofugada ou mais conhecida como telha de concreto, ela possui algumas vantagens que fizeram a empresa construtora optar por ela ao invés da telha cerâmica, que é a mais convencional.

A telha de concreto, segundo o fabricante, possui ótimo conforto térmico por ter baixo índice de condutividade térmica, além de ter alta impermeabilidade, ou seja, possui baixa absorção de água, e o telhado não sofre sobrecarga de peso.

A telha possui peso/m² menor - aproximadamente 49 kg, e aliada à baixa absorção d'água, o telhado torna-se extremamente leve, eliminando o reforço na estrutura metálica ou no madeiramento, o que acarreta economia por parte da construtora.

Figura 35. Armazenamento das telhas



Figura 36. Perdas de telhas na etapa cobertura



Em relação aos índices de perdas desta etapa, conforme Tabela 7 (capítulo 5.4.1), geraram-se 57 m³ de resíduos. De acordo com o gráfico 1 (capítulo 5.4.6), esta quantidade representou 2% do total gerado no empreendimento.

Será feita uma análise de perdas dos materiais para se confirmar a representatividade delas em relação ao gerado no empreendimento; porém, para isso, considerou-se o que era previsto no projeto e o que foi planejado pela empresa pesquisada, com o que, de fato, foi utilizado.

Tabela 12. Comparação de perdas entre o Planejado x Utilizado

Tipo de Telha	Planejado (un.)	Utilizado (un.)	Total (diferença)	Diferença (%)
Telha de Concreto	210.525	214.820	4.295	2,04
Cumeeira	12.030	17.190	5.160	42,89

De acordo com a tabela acima, se considerar-se o que foi planejado **pela empresa versus o que realmente foi utilizado**, observa-se que a diferença para a telha de concreto atingiu 2,04%. Para a cumeeira, esta porcentagem aumenta consideravelmente, atingindo 42,89%. O alto índice da cumeeira foi devido ao mau armazenamento da telha, ocasionando quebras, aliado ao mau planejamento da empresa construtora com a previsão da quantidade necessária a ser utilizada no empreendimento.

Se compararmos o índice da telha de concreto com a representatividade do gráfico 1, será identificado que o índice de perda estará semelhante com o que fora apresentado.

Na tabela a seguir, será realizada uma projeção **do que foi previsto em projeto versus o que realmente fora utilizado**.

Tabela 13. Comparação de perdas entre o previsto em Projeto X Utilizado

Tipo de Telha	Projeto (un.)	Utilizado (un.)	Total (diferença)	Diferença (%)
Telha de Concreto	196.217	214.820	18.603	9,48%
Cumeeira	-----	17.190	-----	-----

De acordo com a tabela acima, apresentou-se o que estava previsto em projeto comparado com o que foi utilizado no empreendimento. Com isso, foi possível apurar uma diferença de 9,48%. É importante salientar que, para a cumeeira, não era possível estimar o que seria utilizado, já que dependia do tipo e da marca da telha a ser selecionada pela construtora. Apenas depois desta decisão foi possível estimar o que seria utilizado na cumeeira, usando como base as especificações técnicas do fabricante.

Com estes valores identificados, pode-se calcular a taxa de geração de RCC, em que se utilizou o índice encontrado por Pinto (1999), que foi de 1,2 tonelada por m³; sendo assim, a geração de RCC nesta etapa foi de:

$$57 \text{ m}^3 \times 1,2 = 68,4 \text{ toneladas} = 68.400 \text{ kg}$$

Com estes índices, conclui-se que, nos 11 (onze) meses de execução da etapa cobertura (Quadro 1- Capítulo 5.4), chegou-se à geração média de 6.218 toneladas/mês.

Se esta etapa representa 2% (Gráfico1 – Capítulo 5.4.6) dos resíduos gerados no empreendimento, o autor considerou que essa porcentagem será utilizada para encontrar o quanto esta etapa representa diante do índice total. O valor encontrado da TG do empreendimento foi de 226,28 kg/m² (capítulo 5.4). Considerando estes valores, a representatividade desta etapa perante o valor total da **TG encontrada é de 4,53 kg/m²**.

5.4.4 – GERAÇÃO DE RCC NA ETAPA REVESTIMENTO

A etapa revestimento foi uma das que apresentaram-se significativa geração de resíduos dentro do empreendimento.

Conforme descrito no capítulo 5.4.1, a etapa revestimento foi executada da maneira convencional, com exceção do chapisco, que foi executado com rolo de textura.

Devido às dificuldades da construtora estudada, no que tange ao controle de entrada de materiais e planejamento de execução de etapas, não foi possível fazer uma comparação do material que **seria ideal utilizar versus o que de fato se utilizou** na etapa revestimento. Portanto, não foi possível mensurar o índice de perdas desta etapa, apenas o valor correspondente a ela, que é encontrado através do percentual do Gráfico 1 (Capítulo 5.4.6) baseado no total de RCC gerado no empreendimento.

Se esta etapa representa 32% dos resíduos gerados no empreendimento, o autor considerou que essa porcentagem será utilizada para encontrar o quanto esta etapa representa diante do índice total. O valor encontrado na TG do empreendimento foi de 226,28 kg/m² (capítulo 5.4). **Considerando estes valores, a representatividade desta etapa perante o valor total da TG encontrada é de 72,41 kg/m²**.

5.4.5 – GERAÇÃO DE RCC NA ETAPA ACABAMENTO

Esta etapa, conforme descrito no capítulo 5.4.1, foi uma com alto índice de geração de resíduos. Nela, também foram identificadas falhas na execução, o que ocasionou grande parte dessa geração.

O material utilizado pela empresa construtora é de boa qualidade e possui todas as certificações exigidas no setor de revestimento cerâmico, atendendo às especificações técnicas da construtora.

A modulação não foi feita para esta obra devido à alta demanda de serviços do departamento de engenharia/arquitetura e também por se tratar de uma residência que não possui muitos recortes. Sendo assim, segundo os profissionais do departamento, não há a necessidade de um projeto de modulação. Abaixo, apresentam-se a Tabela 14 com a quantidade de material necessário para uma unidade habitacional, conforme informações prestadas pela empresa.

Tabela 14. Material planejado para etapa acabamentos

Tipo de Acabamento	Planejado por U.H. (m ²)	U.Hs. Executadas	Total Planejado (m ²)
Piso	44	401	17.644
Azulejo	19	401	7.619

De acordo com o planejamento realizado pela empresa estudada, conforme tabela acima, compara-se com a quantidade de material realmente utilizado na obra, amparado na entrada das notas fiscais, com o que fora planejado.

Tabela 15. Percentual de perdas da etapa acabamentos

Tipo de Acabamento	Total Planejado (m ²)	Total Executado (m ²)	Perda em (m ²)	Perda em (%)
Piso	17.644	19.975	2.331	13,21
Azulejo	7.619	8.672	1.053	13,82

Com os valores apurados, pode-se calcular a taxa de geração de RCC, em que se utilizou o índice encontrado por Pinto (1999), que foi de 1,2 tonelada por m³; sendo assim, a geração de RCC nesta etapa foi de:

$$344,40 \text{ m}^3 \times 1,2 = 413,28 \text{ toneladas} = 413.280 \text{ kg}$$

Com estes índices, conclui-se que, nos 8 (oito) meses de execução da etapa acabamentos (Quadro 1 – capítulo 5.4), chegou-se à geração média de 413,28 toneladas/mês.

Se esta etapa representa 10% (Gráfico 1- capítulo 5.4.6) dos resíduos gerados no empreendimento, o autor considerou que essa porcentagem será

utilizada para encontrar o quanto esta etapa representa diante desse índice total. O valor encontrado na TG do empreendimento foi de 226,28 kg/m² (capítulo 5.4). **Considerando estes valores, a representatividade desta etapa perante o valor total da TG encontrada é de 22,63 kg/m².**

5.4.5 – GERAÇÃO DE RCC NA ETAPA SERVIÇOS COMPLEMENTARES

Conforme definição descrita no capítulo 5.4.1, serviços complementares é a mistura de resíduos de várias etapas dentro de uma caçamba.

Esta etapa, em virtude da característica de mistura de resíduos, foi responsável por 10% do total gerado dentro do empreendimento (Gráfico 1). O controle de separação na obra, para esta etapa, dependia muito da colaboração dos líderes da empresa e, conseqüentemente, dos operários que executavam os serviços. Foi necessário um investimento maior de caçambas dentro da obra para que as etapas pudessem ser separadas corretamente; porém, em virtude do custo que isso iria acarretar para a empresa, não foi possível realizar a distribuição de caçambas para que isso pudesse ocorrer.

Sendo assim, calcular-se-á a taxa de geração de RCC, em que se utilizou o índice encontrado por Pinto (1999), que foi de 1,2 tonelada por m³, ou seja, a geração de RCC nesta etapa foi de:

$$378 \text{ m}^3 \times 1,2 = 453,60 \text{ toneladas} = 453.600 \text{ kg}$$

Com estes índices, pode-se concluir que, nos 13 (treze) meses de execução da etapa serviços complementares (Quadro 1), chegou-se à geração média de 453,60 toneladas/mês.

Se esta etapa representa 10% (Gráfico 1) dos resíduos gerados no empreendimento, o autor considerou que essa porcentagem será utilizada para encontrar o quanto esta etapa representa diante desse índice total. O valor encontrado na TG do empreendimento foi de 226,28 kg/m² (capítulo 5.4). **Considerando estes valores, a representatividade desta etapa perante o valor total da TG encontrada é de 22,63 kg/m².**

5.4.6 – COMPARAÇÃO DA GERAÇÃO DAS ETAPAS

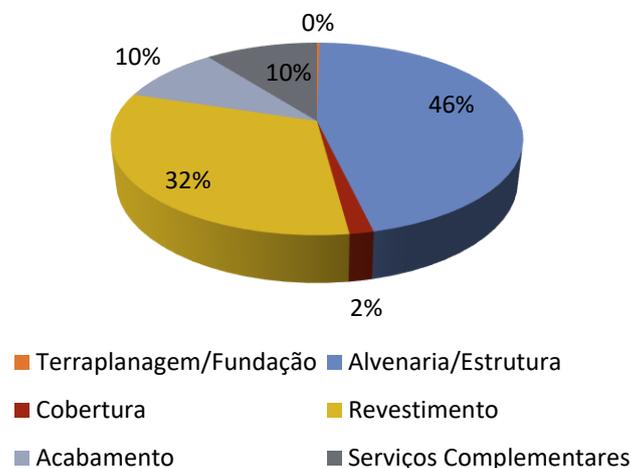
Com o levantamento das taxas de geração de RCC de todas as etapas pesquisadas do empreendimento, foi possível comparar a geração das mesmas, conforme Tabela 16.

Tabela 16. Resumo da taxa de geração (kg/m²) por etapas

Etapa	TG gerada (kg/m²)	TG Média (%)
Alvenaria/Estrutura	104,09	46
Cobertura	4,53	2
Revestimento	72,41	32
Acabamento	22,63	10
Serviços Complementares	22,63	10
TOTAL	226,28	100

Logo abaixo, o Gráfico 1 ilustra o percentual de composição da geração de RCC, por etapa, no empreendimento.

Gráfico 1. Composição da geração de RCC no empreendimento (%)



Conforme descrito no capítulo 5, os percentuais das etapas pesquisadas variam muito de uma etapa para outra. Essa variação, conforme descrito e identificado no empreendimento, pode ser oriunda de um projeto mal elaborado: utilização de materiais de má qualidade, mão de obra desqualificada, especificidade de cada etapa, entre outros. Para tanto, é importante a empresa construtora dedicar-se cada vez mais ao planejamento dos empreendimentos.

Ainda, com os valores encontrados, foi possível identificar a taxa média de RCC por etapa gerada no empreendimento. Essa metodologia foi criada pelo autor e descrita no capítulo 3.2. Sendo assim, a TGM_{HIS} foi:

$$TGM_{HIS} = \frac{\sum TGe}{N^{\circ} \text{etapas Lev.}}$$

$N^{\circ} \text{etapas Lev.}$

$$TGM_{HIS} = \frac{226,28 \text{ kg/m}^2}{5} = 45,256 \text{ kg/m}^2 \text{ por etapa pesquisada.}$$

5

Essa taxa pode ser utilizada em futuros empreendimentos HIS com a mesma tipologia, a fim de auxiliar no planejamento, evitando uma alta geração de RCC em obra.

6. OBRAS DE INTERESSE SOCIAL NO MUNICÍPIO DE TAQUARITINGA-SP

Com a instituição do programa MCMV pelo Governo Federal, no ano de 2009, diversas obras de habitação popular vêm sendo executadas no País. É bem verdade que muitas destas obras não atendem a um padrão de qualidade adequado, ocasionando muitos problemas pós-obra.

No município de Taquaritinga, desde que o Programa foi instituído pelo Governo Federal, a cidade foi contemplada com 3 (três) empreendimentos, entre os anos de 2012 a 2014, perfazendo-se um total de 592 unidades habitacionais construídas no município. A Tabela 16 exemplifica as obras realizadas.

Tabela 17. Empreendimentos executados no município de Taquaritinga

OBRA	Início da obra (Ano)	Término da obra (Ano)	Área por un. (m ²)	Total de U.Hs.	Área total(m ²)
Residencial Jardim Acapulco	2012	2013	47,15	79	3.724,85
Residencial Jardim São Sebastião	2012	2013	46,48	112	5.205,76
Residencial Jardim Santa Luzia	2013	2014	47,43	401	19.019,43
TOTAL				592	27.950,04

De acordo com a área total construída no município de Taquaritinga (conforme demonstrado na Tabela 17), compararam-se os índices encontrados no empreendimento objeto de estudo com os índices encontrados pelos demais autores em diversas obras.

Tabela 18. Índices de diversos autores comparados com a área construída no município de Taquaritinga (2012 a 2014)

Autor	Ano de Estudo	Índice encontrado pelo autor (kg/m ²)	Área total construída(m ²) Taquaritinga-SP	Geração estimada em (kg)
Pinto	1999	150	27.950,04	4.192.506
Andrade	2001	49,58	27.950,04	1.385.762,98
Monteiro	2001	300	27.950,04	8.385.012
Carelli	2008	104 – 115*	27.950,04	3.214.254,60
Carneiro	2005	69 – 86*	27.950,04	2.403.703,44
Marques Neto e Schalch	2010	137,02	27.950,04	3.829.714,48
Autor e Marques Neto	2015	226,28	27.950,04	6.324.535,05

Veja: Para o cálculo, foram considerados os itens em negrito

O valor encontrado pelo autor demonstra que está perto do índice apresentado por Monteiro (2001), conforme ilustrado na Tabela 18.

7. CONCLUSÃO

Os índices levantados por etapa são importantes instrumentos para que as construtoras identifiquem pontos críticos de obra e ajam com maior eficácia no problema.

Para que isso aconteça, é necessário que as construtoras invistam na gestão de resíduos dentro de seus empreendimentos, com o objetivo de levantar e tratar os indicadores que são encontrados. Um software que auxilia no gerenciamento do fluxo de RCC é um grande passo para que a empresa construtora extraia, com eficiência, os indicadores de seus empreendimentos.

Inevitavelmente, é necessário que os grandes geradores de RCC tenham maior conscientização, buscando sempre o aperfeiçoamento de seus projetos, o treinamento de funcionários, o aprimoramento dos processos e a introdução de novas tecnologias dentro da construção civil, seja em materiais, seja em equipamentos que facilitem o processo produtivo.

O índice levantado na obra objeto de estudo demonstra que, apesar das boas práticas que a empresa construtora mantém dentro de seu empreendimento, a geração de RCC ainda está bem acima do índice que Monteiro (2001) encontrou em países desenvolvidos (valores iguais ou abaixo de 100 kg/m²). Diversos estudos apontam as mais variadas gerações de RCC, tendo em vista que esses índices dependem muito da tipologia da obra executada/pesquisada. Alguns índices encontrados pelos autores e apresentados na Tabela 3 (capítulo 4.4 – p. 16) demonstram essa variação de geração de RCC. Pinto (1999) encontrou uma TG de 150 kg/m² no município de São Paulo; já Andradre (2001) encontrou uma TG de 49,59 kg/m² no mesmo município; Carneiro (2005) e Souza (2005) encontraram 69-86 e 89,68 kg/m² nos municípios de Recife-PE e Uberlândia-MG, respectivamente. Já o autor Marques Neto (2010) encontrou uma TG de 137,02 kg/m² no município de São Carlos-SP, sendo que o estudo realizado por esse autor contemplou 5 obras de diferentes tipologias. Já a pesquisa realizada pelo autor **aponta uma geração de RCC de 226,28 kg/m² em HIC (Habitação de Interesse Social).**

Conforme descrito anteriormente, os valores em kg/m² identificados pelos autores nos últimos anos apontam que o índice levantado nesta obra objeto de estudo está em consonância com os valores por eles apresentados. Evidentemente,

devem-se levar em consideração as especificidades de cada empreendimento; entretanto, este estudo apresenta uma taxa de geração (kg/m^2) alta, considerando que é uma obra de baixa complexidade construtiva. Embora a utilização da taxa de geração tenha sido calculada e transformada em toneladas, o que tem sido utilizado por outros autores, entende-se que o mais adequado seria a manutenção da unidade m^3 nos cálculos de geração de resíduos da construção civil. Este fato está diretamente relacionado ao gerenciamento dos RCC nos canteiros de obras no Brasil, que estabelece a contratação de caçambas pela sua cubicagem.

Nos outros resíduos sólidos, a utilização da unidade tonelada para efeito de medição da geração é plenamente justificada. Isto porque são utilizadas balanças para quantificação do peso dos resíduos. Entretanto nas atividades da construção civil não é comum a utilização de balanças para quantificação do peso dos RCC o que torna mais difícil o cálculo da geração em toneladas. Os dados obtidos para esta unidade não podem ser considerados consistentes, uma vez que a massa unitária dos resíduos da construção é muito heterogênea.

Portanto, na gestão dos RCC tem mais sentido a utilização da unidade m^3 nos cálculos de geração, uma vez que o setor da construção civil está mais familiarizado com esta unidade.

O município de Taquaritinga, entre os anos de 2012 a 2014 (conforme demonstrado na Tabela 17, (capítulo 6), ilustra que foi gerada, considerando o valor encontrado na obra objeto de estudo, a quantidade de 6.324.535,05 toneladas. Comparando a geração total de resíduos nesses 3 anos, conclui-se que o município gerou aproximadamente 2.108.178,35 toneladas/ano de resíduos da construção civil, provenientes de obras de interesse social, e que o índice levantado no empreendimento estudado está dentro do valor apontado por Monteiro (2001).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.C.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; AGOPYAN, V. **Estimativa da quantidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios**. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4, 2001, São Paulo. **Anais**, São Paulo: Comitê Técnico CT 206, 2001.

ÂNGULO, S.C.; TEIXEIRA, C.E.; CASTRO, A.L.de; NOGUEIRA, T.P. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação**. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p.299-306, 2011.

A.S.G., MESQUITA. **Análise da geração de resíduos da construção civil em Teresina, Piauí**. 8p. Artigo. Instituto Federal do Piauí. Teresina, 2012.

ARAÚJO, S.M.V. G.; JURAS, I.A.G.M. **Comentários à Lei dos Resíduos Sólidos: Lei nº. 12.305, de 2 Agosto de 2010 (e seu regulamento)**. São Paulo: Editora Pillares, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Brasília: ABRELPE, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Brasília: ABRELPE, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Brasília: ABRELPE, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Brasília: ABRELPE, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 307 – Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, 2002.

CARELI, E.D. **A Resolução CONAMA Nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição**. 157p. Dissertação de mestrado. 2008. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.

CARNEIRO, F.P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife-PE**. 131p. Dissertação de mestrado. 2005. Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba.

CARVALHO, A. R.; OLIVEIRA, M. V. C. **Princípios básicos do saneamento do meio**. São Paulo: SENAC, 2005.

CASSA, J.C.S.; BRUM, I.A.S.; CARNEIRO, A.P.; COSTA, D.B. **Diagnóstico dos setores produtores de resíduos na região metropolitana de Salvador – BA**. In: **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom**. p. 48-75. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

COCHRAN, K. M. *et al.* **Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US**. *Waste Management*, v. 27, n. 7, p. 921-931, 2007.

COCHRAN, K.M.; TOWNSEND, T.G. **Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach**. *Waste Management*, v. 30, n. 11, p. 2.247-2.254, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares**. São Paulo: CETESB, 2007.

COSTA, R.V.G. **Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa-PA**. 68p. Dissertação de mestrado. 2012. Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba.

CHAHUD, E. **Reciclagem de Resíduos para a Construção Civil**. 2007. 450f. Dissertação (Mestrado em construção civil) - Universidade Fumec, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Bauru, 2007.

FALCÃO, N.C.B. **Diagnóstico da situação atual dos resíduos da construção civil no município de Olinda.** 128p. Dissertação de mestrado. 2011. Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal de Pernambuco.

FORMOSO, C.T.; JOBIM, M.S.S.; COSTA, A.L.; ROSA, F.P. **Perdas de materiais na construção civil: um estudo em canteiros de obras no Estado do Rio Grande do Sul.** In: Congresso Latino-Americano de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Soluções para o terceiro milênio, v.1, p. 299-307. São Paulo: 1998.

GUERRA, J.S. **Gestão de resíduos da construção civil em obras de edificações.** 105p. Dissertação de mestrado. 2009. Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco.

HSIAO, T.Y. et al. **Modeling materials flow of waste concrete from construction and demolition wastes in Taiwan.** *ResourcesPolicy*, v. 28, n. 1-2, p.39-47, 2002.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000, 102 f. Tese (livre docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KARPINSK, L.A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; GUIMARÃES, J.; PANDOLFO, L.; KUREK, J.; ROJAS, J.W.J. **Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo Fundo - RS.** Estudo tecnológico, Passo Fundo - RS, v.4, n.2:69-87, 2008.

LAGE, I.M. et al. **Estimation of the annual production and composition of C&D debris in Glicia (Spain).** *Waste Management*, v. 30, n. 4, p. 636-645, 2010.

LLATAS, C. **A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list.** *Waste Management*, v. 31, n. 6, p. 1261-1276, 2011.

LORDÊLO, P.M.; EVANGELISTA, P.P.de A.; FERRAZ, T.G. de A. **Gestão de resíduos na construção civil: Redução, Reutilização e Reciclagem.** Salvador. SENAI-BA, 2007.

MARQUES NETO, J.C. **Gestão dos Resíduos de Construção e demolição no Brasil.** 162p. São Carlos: Editora Rima, 2005.

MARQUES NETO, J. C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. 669p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

MORALES, G.; MENDES, T.; ANGULO, S.C. **Índices de geração de RCD provenientes de obras de construção, reforma e demolição na cidade de Londrina-PR**. In: II Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edificações, 2006, Rio de Janeiro. Anais... (CD-ROM). Rio de Janeiro: 2006. v. 1.

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

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**. São Paulo: SindusCon-SP, 2005.

PINTO, T.P.; GOZÁLES, J.L.R. (Coord.) **Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil**. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2005.

PINTO, T. P. **Praxis: a construção do espaço urbano e a gestão dos seus resíduos**[online]. CETESB, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/2007/10/tarcisio.pdf>. Acesso em: 1º out. 2008.

SILVA FILHO, A.F. **Gestão dos resíduos das construções prediais na cidade de Natal-RN**. 118p. Dissertação. Programa de engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

SILVA, M.M.P. **Avaliação de perdas de blocos cerâmicos em Pernambuco: da indústria ao canteiro de obras**. 158p. Dissertação. Universidade Católica de Pernambuco. Mestrado em engenharia civil, 2007.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**. 48p. São Paulo, 2005.

SOLIS-GUZMAN, J. et al. **A Spanish model for quantification and management of construction waste**. *Waste Management*, v. 29, n.9, p. 2.542-2.548, 2009.

SOUZA, P.C.M. **Gestão de resíduos da construção civil em canteiro de obras de edifícios multipiso na cidade do Recife-PE.** 148p. Dissertação de mestrado. 2007. Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba.

VIANA, K.S.C.L. **Metodologia simplificada de gerenciamento de resíduos sólidos em canteiro de obras.** 61p. Dissertação de mestrado. 2009. Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba.

ZORDAN, S. E. **Entulho da Indústria da Construção civil.** São Paulo: POLI/USP, 2001.

WANG, J. Y. et al. **A systems analysis tool for construction and demolition wastes management.** *Waste Management*, v. 24, n. 10, p. 989-997, 2004.

ANEXO 1 – Questionário aplicado ao programador do sistema

- 1) Qual a linguagem de programação utilizada no programa desenvolvido para a empresa?
- 2) Em sua opinião, qual o benefício de se utilizar a linguagem de programação em questão para este tipo de sistema de gestão?
- 3) Qual o tempo estimado para desenvolver este tipo de programa?
- 4) É possível outros usuários utilizarem este tipo de programa em outros locais, longe do servidor? Se sim, como pode ser feito este acesso?
- 5) De acordo com a pergunta 4, este tipo de linguagem de programação é a melhor para desenvolver sistemas a fim de acessá-los em outros locais de trabalho?
- 6) A linguagem de programação utilizada é uma linguagem barata?
- 7) Há quanto tempo você atua na área e quanto tempo tem a empresa?
- 8) Quantos colaboradores a empresa possui?

ANEXO 2 – Lei 3.330/03 de implantação de Central de Triagem de Resíduos Sólidos no município de Taquaritinga/SP

L e i n° 3.330, de 26 de setembro de 2003.

Autoriza o Poder Executivo a conceder o uso de área de terras destinado à implantação de Central de Triagem de Resíduos Sólidos.

O senhor Milton Arruda de Paula Eduardo, Prefeito Municipal de Taquaritinga, no uso de suas atribuições legais e com fundamento no art. 4º inciso XI, c.c o art. 122, §§ 2º e 3º, ambos da Lei Orgânica do Município. FAZ SABER que a Câmara Municipal de Taquaritinga decreta e ele promulga a seguinte Lei:-

Art. 1º Fica o Poder Executivo autorizado a formalizar concessão de uso de área de propriedade do Município localizada na Estrada Municipal - TQR 242 - Km 1, em Taquaritinga, destinado a implantação de Central de Triagem de Resíduos Sólidos.

Art. 2º A Concessão, de que trata o artigo anterior, será precedida de procedimento licitatório a teor do disposto no art. 2º da Lei 8.666/93, alterada pela Lei 8.883/94 e art. 14 da Lei 8.987/95.

Art. 3º A Concessão de uso, de que trata esta Lei, será formalizada mediante procedimento licitatório, fixando os direitos e responsabilidades das partes, especialmente:

I - cumprimento das condições e prazos para início das atividades, sob pena de retomada do bem e multa;

II - que as benfeitorias físicas necessárias não serão indenizadas pelo Município, ao final da concessão, podendo o concessionário retirar apenas os equipamentos móveis, de sua propriedade;

III - obrigatoriedade de atendimento prioritário do Município de Taquaritinga, sobre os demais clientes que serão atendidos;

IV - a Triagem dos Resíduos Sólidos do Município de Taquaritinga, sem ônus para este, a título de contraprestação pelo uso do bem imóvel;

cont. da Lei nº 3.330, de 26 de setembro de 2003.

fls. 2

V - hipóteses em que o contrato poderá ser rescindido, amigavelmente ou judicialmente, tendo sempre fixado o Foro da nossa Comarca, para dirimir litígios futuros;

VI - a responsabilidade do concessionário sobre possíveis desvios, frente a CETESB e outras entidades de defesa do meio ambiente;

VII - a responsabilidade do concessionário pelos encargos trabalhistas, previdenciários, tributários e outros, incidentes sobre a sua empresa e seu pessoal;

VIII - a não responsabilidade solidária do Município em relação aos contratos que a concessionária firmar com outras entidades públicas ou privadas, no atendimento do objeto;

IX - a obrigatoriedade do concessionário em empreender as construções físicas necessárias ao bom funcionamento dos serviços, em atendimento as exigências da CETESB, sem ônus para o Município;

X - outras cláusulas que atendam as peculiaridades dos prazos de implantação e funcionamento dos serviços, guarda e manutenção dos bens públicos.

Art. 4º O concessionário apresentará aos órgãos competentes do Município, toda a documentação de suporte, no que se refere a idoneidade físico-financeira, certidões negativas de débitos fiscais, assim como os projetos dos equipamentos e implantação das estruturas para fins de aprovação e acompanhamento pelo Departamento de Obras Públicas e Viação.

Art. 5º O prazo inicial de concessão deverá ser fixado em 10 (dez) anos, prorrogável por iguais períodos, mediante avaliação e recomendação dos órgãos próprios da Municipalidade, respeitando sempre o interesse público.

Art. 6º O Executivo poderá, se necessário, mediante Decreto ou outros atos reguladores, expedir normas operacionais complementares, visando a perfeita execução dos serviços.

cont. da Lei nº 3.330, de 26 de setembro de 2003.

fls. 3

Art. 7º As verbas necessárias e execução desta Lei, correrão a conta de dotações próprias, consignadas em orçamento.

Art. 8º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Prefeitura Municipal de Taquaritinga, aos 26 de setembro de 2003.

Milton Arruda de Paula Eduardo
- Prefeito Municipal -

Registrada e publicada na Divisão de Expediente e Secretaria, na data supra.

Agnaldo Aparecido Rodrigues Garcia
- Agente do Serviço Municipal resp. p/Divisão -

ANEXO 3 – Lei 3.273/02 que disciplina o uso de ‘CAÇAMBAS’ no município de Taquaritinga/SP

L e i nº 3.273, de 25 de outubro de 2002.

Disciplina e regula o uso de “CAÇAMBAS”, e dá outras providências.

O Senhor Milton Arruda de Paula Eduardo, Prefeito Municipal de Taquaritinga, Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, FAZ SABER que a Câmara Municipal de Taquaritinga decreta e ele promulga a seguinte Lei:-

Art. 1º Fica permitido no Município de Taquaritinga o uso de caçambas de remoção de entulhos, desde que obedecidas as seguintes disposições:-

- a) estejam as Empresas proprietárias das caçambas devidamente cadastradas junto ao setor competente da Prefeitura Municipal;
- b) as caçambas deverão ter faixas retangulares pintadas tanto na sua parte traseira como na dianteira, devendo constar o slogan “MANTENHA A CIDADE LIMPA” e a identificação da firma prestadora do serviço;
- c) na pintura deverá ser utilizada tinta refletiva nas cores branco-preto e amarelo, de ambos os lados;
- d) o estacionamento das caçambas deverá ocupar o espaço de um veículo e obedecer a sinalização de trânsito;
- e) nas ruas estreitas e quando o estacionamento for proibido de um lado, as caçambas poderão ser colocadas na calçada, desde que $\frac{3}{4}$ do seu tamanho fique sobre a mesma e $\frac{1}{4}$ na rua;
- f) as caçambas não poderão ser viradas após estacionadas;
- g) o transporte das caçambas na área central da cidade deverá respeitar os horários de carga e descarga previstos em legislação municipal.

Art. 2º Somente poderão se cadastrar pessoas jurídicas devidamente constituídas, com apresentação de todos os documentos necessários, inclusive com apresentação de Certidão Negativa de Débitos Fiscais: Federal, Estadual e Municipal.

Art. 3º Referidas Empresas deverão dispor de uma área

própria para colocação dos entulhos recolhidos, bem como encontrarem-se devidamente legalizadas junto aos órgãos ambientais competentes (CETESB, DEPRN, IBAMA, etc).

Parágrafo único A área disponível para colocação dos entulhos deverá estar localizada fora do perímetro urbano.

cont. da Lei nº 3.273, de 25 de outubro de 2002
fls. 2

Art. 4º O Alvará de funcionamento só será fornecido pela Prefeitura Municipal, após o cumprimento de todas as normas contidas nesta Lei e com a devida licença ambiental.

Art. 5º Fica expressamente proibido o uso das caçambas, bem como das áreas destinadas a colocação de entulhos, como depósito de lixo.

Art. 6º As Empresas proprietárias das caçambas serão as únicas responsáveis por qualquer sinistro que referida atividade venha a dar causa no Município, não cabendo à Prefeitura nenhuma responsabilidade.

Art. 7º O não cumprimento das disposições contidas nesta Lei pelas Empresas que operam nesta atividade será aplicada multa no valor de R\$ 250,00 (duzentos e cinquenta reais) elevada em dobro na reincidência, sob pena ainda, de cassação da licença de funcionamento quando punidas por mais de 3 (três) vezes no mesmo ano.

Art. 8º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário, especialmente a Lei nº 2.735, de 08 de novembro de 1995.