



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

CAIO DALLA ZANNA

**PROPOSTA DE SISTEMA INFORMATIZADO DE  
MONITORAMENTO E CONTROLE DA GESTÃO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA EMPRESAS  
CONSTRUTORAS**

---

Londrina  
2014

CAIO DALLA ZANNA

**PROPOSTA DE SISTEMA INFORMATIZADO DE  
MONITORAMENTO E CONTROLE DA GESTÃO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA EMPRESAS  
CONSTRUTORAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU) da  
Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fernandes

Londrina  
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central  
da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

**Z32p** Zanna, Caio Dalla.

Proposta de sistema informatizado de monitoramento e controle da gestão de resíduos sólidos de construção civil para empresas construtoras / Caio Dalla Zanna. – Londrina, 2014.  
156 f. : il.

Orientador: Fernando Fernandes.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Resíduos sólidos – Teses. 2. Monitoramento ambiental – Teses. 3. Construção civil – Teses. 4. Engenharia sanitária – Teses. I. Fernandes, Fernando. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. III. Título.

CDU 628.4.036

CAIO DALLA ZANNA

**PROPOSTA DE SISTEMA INFORMATIZADO DE  
MONITORAMENTO E CONTROLE DA GESTÃO DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA EMPRESAS  
CONSTRUTORAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Centro de Tecnologia e Urbanismo (CTU) da  
Universidade Estadual de Londrina.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fernandes  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Profa. Dra. Denise Margareth Oldenburg  
Basgal  
Instituto Superior de Administração e Economia  
- ISAE/FGV – Curitiba

---

Profa. Dra. Ercília Hitomi Hirota  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 12 de Março de 2014.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Fernando Fernandes pelo compromisso com meu projeto de pesquisa.

À professora Ercília Hitomi Hirota pelas contribuições em momentos decisivos da pesquisa.

À professora Fernanda Aranha Saffaro, por ter me apresentado ao representante da construtora parceira do projeto, sem o qual nada teria sido feito.

À professora Denise Basgal pela disponibilidade em fazer parte da banca e por ter participado de minha formação em gerenciamento de projetos, muito utilizada para realizar esta dissertação.

Ao Fabiano Furlan, amigo, sócio e parceiro deste projeto desde o início.

Ao Rogério Cardoso, pela oportunidade de desenvolver este projeto em uma das mais importantes construtoras do país.

Ao Uedes Souza, Anderson Cazarin e Paulo Borges, da construtora parceira do projeto pela participação ativa e interesse ao longo de todo o processo de pesquisa. Aprendemos muito juntos!

Ao Lucas Melchiori e Alessandro Kemmer pelas discussões e contribuições para definição da metodologia da pesquisa.

À minha família, que me apoiou a vida inteira para que eu estivesse aqui hoje;

À minha esposa, Ana Cláudia Baccarin, maior apoiadora em todos os momentos!

ZANNA, Caio Dalla. **Proposta de Sistema Informatizado de Monitoramento e Controle da Gestão de Resíduos Sólidos de Construção Civil para Empresas Construtoras**. 2014. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Edificações e Saneamento), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

## RESUMO

A demanda do mercado por sustentabilidade e a legislação Brasileira para o gerenciamento de resíduos sólidos de construção civil fazem com que empresas de construção sejam responsáveis por todo o ciclo de vida dos resíduos, seus custos e impactos ambientais. Neste trabalho foi desenvolvido e testado um protótipo de software que permite às empresas construtoras produzir informações de gerenciamento de resíduos úteis para os tomadores de decisões em diferentes níveis de influência da empresa, auxiliando-os a atender a legislação ambiental e aproveitar oportunidades no gerenciamento dos resíduos. O software foi desenvolvido em parceria com empresa de software e implementado em duas obras residenciais de aproximadamente 25 andares de uma grande empresa construtora do Brasil. Foi criado um conjunto de indicadores possíveis de serem gerados pelo software, os quais foram disponibilizados para os tomadores de decisão da construtora. Cinco indicadores foram identificados como mais importantes: Altura dos Resíduos (cm), Custo por área construída (R\$/m<sup>2</sup>), Indicador de qualidade da segregação (IQS), Indicadores de Eficácia (IEGR) e Índice de Qualidade do Gerenciamento dos Resíduos (IQGR). Apresentou-se expressivo o resultado de custo total do gerenciamento de resíduos no período de 4 meses, com R\$83.551,71 para a obra A e 91.668,02 para a obra B, dos quais cerca de 70% do valor é resultante do desperdício de matéria-prima. Os indicadores do sistema WM apresentaram informações anteriormente não disponíveis para os tomadores de decisão, que permitiram conhecer o custo da perda de materiais e transporte e destinação irregulares, direcionando as ações corretivas, sem perder de vista oportunidades de redução de custo para o gerenciamento dos RCC.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de resíduos de construção civil. Indicadores de desempenho. Sistema de informações gerenciais.

ZANNA, Caio Dalla. **Management Information System Prototype for Construction Waste Monitoring and Control in Construction Companies**. 2014. 156p. Dissertação de conclusão de curso (Mestrado em Engenharia das Edificações e Saneamento), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

## ABSTRACT

Brazilian regulations on construction waste management are driving a change for the sector, imposing new responsibilities for construction waste producers that last throughout the whole waste lifecycle, from when it is produced, to its transportation, recycling and final disposal, imposing the need of new processes and technologies to the civil construction industry. In this work was developed and tested a software that allow construction companies to produce waste management information useful for decision makers on their efforts to attend all new regulations and identify opportunities in waste management. The software was developed in partnership with a software development company specialized in environmental software and was implemented in two construction sites of residential buildings of 40 floors of a large Brazilian construction company. A set of indicators was generated by the software and was made available to decision makers. Five indicators were identified to be useful for waste management decision makers: Volume produced per area built ( $m^3/m^2$ ), Cost of waste per area built ( $\$/m^2$ ), Quality of waste segregation indicator, Effectiveness indicator (result obtained against a set goal) and the Overall Waste Management Quality Index (relation between all results obtained). Among all the results, the total cost of waste management was the most expressive, R\$83.551,71 for site A and R\$91.668,02 for site B. Indicators showed information previously not available to decision makers, that allowed them to realize the cost of material losses in construction sites and the situations of inadequate and illegal transportation and disposal, directing their actions to solve the most important problems identified and profit from waste management costs reduction.

**Keywords:** Construction waste management. Performance indicators. Management information systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Escala com seis passos a serem percorridos por empresas que buscam o desenvolvimento sustentável.....	32
Figura 2 -	Identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais e ciclo PDCA, para melhoria da gestão do desempenho ambiental.....	36
Figura 3 -	Pirâmide de Informações: Níveis de agregação de dados e níveis de informação .....	39
Figura 4 -	Relação entre Sistemas de Informações Gerenciais (SIG) e o processo decisório .....	40
Figura 5 -	Valor de Sistemas de Informações Gerenciais para ganho de maturidade/inteligência das empresas .....	41
Figura 6 -	Quadro esquemático do delineamento da pesquisa .....	52
Figura 7 -	Cronograma de execução da pesquisa.....	53
Figura 8 -	Fluxograma dos processos da fase de compreensão que compõem o delineamento da pesquisa.....	54
Figura 9 -	Fluxograma dos processos da fase de estruturação que compõem o delineamento da pesquisa.....	56
Figura 10 -	Fluxograma dos processos da fase de Aplicação e Avaliação Crítica do sistema de monitoramento que compõem o delineamento da Pesquisa .....	57
Figura 11 -	Fluxograma dos processos da fase de Avaliação dos Resultados e Proposição final que compõem o delineamento da pesquisa.....	59
Figura 12 -	Trecho de Check-list interno para avaliação ambiental das obras da construtora .....	61
Figura 13 -	Relatório de fechamento mensal de recebimento de resíduos de empresa terceira de destinação de RCC .....	65
Figura 14 -	Exemplo de Ordem de Serviço utilizada pela construtora.....	71
Figura 15 -	Exemplo de Controle de Transporte de Terra - CTT utilizada pela construtora .....	69
Figura 16 -	Exemplo de Controle de Transporte de Resíduos - CTR utilizada pela construtora .....	71



Figura 17 - Caçamba de madeira e tambores de gesso – Obra A .....	80
Figura 18 - Desperdício de material obra A – aditivo de argamassa derramado pelo chão .....	80
Figura 19 - Desperdício de tijolo e argamassa Obra A.....	81
Figura 20 - Caçamba com diversos tipos de resíduos e baia de resíduos classe B com diversos tipos de recicláveis misturados - obra A .....	81
Figura 21 – Resíduos recicláveis misturados despejados sobre o solo na Obra A.....	82
Figura 22 - Resíduo Classe A despejado ao longo da Obra B .....	82
Figura 23 - Resíduo de gesso e resíduos diversos misturados – Obra B.....	83
Figura 24 – Resíduos Classe D segregados e baias de resíduos Classe B com papelão e plásticos.....	83
Figura 25 - Página inicial do Sistema WM desenvolvido neste trabalho .....	87
Figura 26 - Janela de Cadastros de empresas e resíduos do sistema WM .....	86
Figura 27 - Janela para definição de atributos de transporte e destinação .....	89
de resíduos em função do licenciamento ambiental – à direita apresentam-se as atividades e resíduos atribuídos ao cadastro .....	89
Figura 28 - Janela para cadastro da licença ambiental de transportadores e destinatários de resíduos .....	89
Figura 29 - Cadastro de Resíduos do Sistema WM – cadastro da argamassa (direita), cadastro de gesso (esquerda).....	90
Figura 30 - Campo para definição de atributos de Tipo de Segregação de Resíduos no Cadastro de Resíduos.....	92
Figura 31 - Ferramentas do Sistema WM: CTR e Recebimento .....	92
Figura 32 - Campos de preenchimento online do Controle de Transporte de Resíduos Sólidos do Sistema WM .....	94
Figura 33 - Exemplo de Controle de Transporte de Resíduos impresso pelo Sistema WM.....	95
Figura 34 - Campos de preenchimento online da ferramenta “Recebimento” .....	96
Figura 35 - Janela para gerar gráficos e relatórios de gerenciamento de resíduos – definição do Tipo de Relatório .....	97
Figura 36 - Janela para gerar gráficos e relatórios de gerenciamento de resíduos– Exemplo genérico Alertas/Monitoramento .....	98

Figura 37 - Janela do Sistema WM que permite visualizar as não conformidades de gerenciamento de resíduos .....	99
Figura 38 - Treinamento sobre utilização do Sistema WM para a equipe da construtora participante do projeto .....	105
Figura 39 - Simulação de resultados para os indicadores de eficácia da gestão de resíduos sólidos.....	134
Figura 40 - Exemplos de alertas de não conformidade no transporte ou destinação dos resíduos .....	135
Figura 41 - Exemplo de desperdício de matéria-prima – tijolos não utilizados quebrados e grande quantidade de gesso .....	137
Figura 42 - Resíduos classe D bem segregados e acondicionados.....	137
Figura 43 - Resíduos de madeira bem segregados e acondicionados.....	138
Figura 44 - Resíduos recicláveis (papelão) e de argamassa bem segregados e acondicionados. ....	138
Figura 45 - Condições de limpeza do canteiro de obras e rejeitos de construção civil.....	139
Figura 46 - Fluxograma do processo da gestão de resíduos sólidos apoiado no Sistema WM .....	144
Figura 47 - Quadro esquemático da proposta de indicadores para sistema informatizado de monitoramento e controle da gestão de resíduos sólidos de construção civil para construtora.....	147

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição média de materiais de RCC em obras no Brasil.....	24
Quadro 2 - Exemplo de planilha do setor de pagamentos da construtora com discriminação dos serviços relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos .....	67
Quadro 3 - Síntese de inconsistências no preenchimento das CTRs das obras A e B no período de dez/2012 a fev/2013. ....	74
Quadro 4 - Síntese de não conformidades legais referentes às licenças ambientais de prestadores de serviço no período de dez/2012 a fev/2013 .....	74
Quadro 5 - Relatório de volume (m <sup>3</sup> ) gerado por tipo de resíduo no período de dez/2012 a fev/2013 de acordo com dados da CTR.....	75
Quadro 6 - Estimativa de custo com o gerenciamento de resíduos sólidos no período entre os meses de dez/2012 e fev/2013 .....	77
Quadro 7 - Custo do gerenciamento dos resíduos por tipo de resíduo, considerando a perda de matéria-prima, transporte e destinação.....	79
Quadro 8 - Valores dos atributos dados aos resíduos utilizados para os cálculos dos indicadores de custos da obra A .....	117
Quadro 9 - Relatório de resultados de custo por tipo de resíduos do gerenciamento dos resíduos da obra A .....	119
Quadro 10 - Relatório de resultados de custo por período de resíduos do gerenciamento dos resíduos da obra A .....	119
Quadro 11 - Valores dos atributos dados aos resíduos utilizados para os cálculos dos indicadores de custos da obra B .....	121
Quadro 12 - Relatório de resultados de custo por tipo de resíduo do gerenciamento dos resíduos da obra B .....	122
Quadro 13 - Relatório de resultados de custo por período de resíduos do gerenciamento dos resíduos da obra B .....	123
Quadro 14 - Síntese das avaliações da segregação na fonte dos resíduos e resultados de IQS para a obra A .....	132
Quadro 15 - Síntese das avaliações da segregação na fonte dos resíduos e resultados de IQS para a obra B .....	132

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Percentual de resíduos gerados na obra A no período entre dezembro/2012 e fevereiro/2013 de acordo com dados da CTR.....	75
Gráfico 2 -	Percentual de resíduos gerados na obra B no período entre dezembro/2012 e fevereiro/2013 de acordo com dados da CTR.....	76
Gráfico 3 -	Percentual de custo de gerenciamento de resíduos para perda de matéria prima, transporte e destinação, no período entre dez/2012 e fev/2013 de acordo com dados da CTR na Obra A.....	77
Gráfico 4 -	Percentual de custo de gerenciamento de resíduos para perda de matéria prima, transporte e destinação, no período entre dez/2012 e fev/2013 de acordo com dados da CTR na Obra B.....	78
Gráfico 5 -	Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m <sup>3</sup> ) da obra A no período de maio a agosto de 2013.....	107
Gráfico 6 -	Massa Gerada por Tipo de Resíduo (kg) da obra A no período de maio a agosto de 2013.....	108
Gráfico 7 -	Gráfico de Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m <sup>3</sup> ) da obra B no período de maio a agosto de 2013.....	109
Gráfico 8 -	Gráfico de Massa Gerada por Tipo de Resíduo (kg) da obra B no período de maio a agosto de 2013. ....	110
Gráfico 9-	Comparação do Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m <sup>3</sup> ) entre as obras A e B no período de maio a agosto de 2013.....	112
Gráfico 10 -	Evolução do Indicador Altura dos Resíduos (cm) da obra A entre os períodos de maio e agosto de 2013.....	113
Gráfico 11 -	Evolução do Indicador Altura dos Resíduos (cm) da obra B entre os períodos de maio e agosto de 2013. ....	114
Gráfico 12 -	Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador Altura dos resíduos no período de maio a agosto de 2013.....	115
Gráfico 13 -	Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador Altura dos resíduos acumulado no período de maio a agosto de 2013.....	115
Gráfico 14 -	Percentual de custo total por tipo de resíduo gerado na obra A .....	119
Gráfico 15 -	Percentual de custo total por tipo de resíduo gerado na obra B .....	123

Gráfico 16 - Comparação entre custos do gerenciamento dos resíduos entre as obras A e B no período de maio a agosto de 2013 .....	125
Gráfico 17 - Evolução do indicador de custo por volume de resíduos gerado – R\$/m <sup>3</sup> .....	126
Gráfico 18 - Evolução do Indicador R\$/m <sup>2</sup> da obra A entre os períodos de maio e agosto de 2013. ....	127
Gráfico 19 - Evolução do Indicador R\$/m <sup>2</sup> da obra B entre os períodos de maio e agosto de 2013. ....	128
Gráfico 20 - Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador R\$/m <sup>2</sup> no período de maio a agosto de 2013 .....	128
Gráfico 21 - Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador R\$/m <sup>2</sup> acumulado no período de maio a agosto de 2013.....	129
Gráfico 22 - Avaliação da qualidade da segregação na fonte das caçambas da obra A. ....	130
Gráfico 23 - Avaliação da qualidade da segregação na fonte das caçambas da obra B.....	131

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do Indicador de Altura dos Resíduos .....	101
Equação 2 - Cálculo do Indicador de Qualidade da Segregação .....	103

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADA	Avaliação de Desempenho Ambiental
CTR	Controle de Transporte de Resíduos
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Construção Civil
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
RCC	Resíduos Sólidos de Construção Civil
SIG	Sistemas de Informações Gerenciais

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1.	PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	19
1.2.	QUESTÃO DE PESQUISA.....	21
1.3.	OBJETIVOS .....	21
1.4.	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	22
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	23
2.1.	Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil .....	23
2.2.	Estratégia, Sustentabilidade e Gestão de Resíduos Sólidos de Construção Civil .....	28
2.3.	Avaliação do Desempenho e indicadores .....	32
2.4.	Sistemas de Informações Gerenciais .....	38
2.5.	CONTRIBUIÇÕES DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA A PESQUISA .....	42
<b>3.</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	45
3.1.	Caracterização da Empresa de Construção Civil .....	45
3.1.1.	OBRA A.....	46
3.1.2.	OBRA B.....	47
3.2.	Desenvolvimento do Software .....	48
3.3.	Estratégia da Pesquisa.....	48
3.4.	Processo de Pesquisa.....	50
3.4.1.	Compreensão .....	53
3.4.2.	Estruturação .....	55
3.4.3.	Aplicação e Avaliação Crítica do Sistema de Monitoramento .....	56
3.4.4.	Avaliação dos Resultados e Proposição Final.....	58
<b>4.</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	60
4.1.	Compreensão .....	60
4.1.1.	Avaliação de Procedimentos de Gerenciamento de Resíduos.....	60
4.1.2.	Avaliação das Fontes de Dados de Gerenciamento de Resíduos .....	63



4.1.3.	Avaliação do Gerenciamento de Resíduos .....	72
4.1.3.1.	Avaliação do Gerenciamento de Resíduos por meio das Fontes de Dados Seleccionadas.....	72
4.1.4.	Reunião de Avaliação Crítica da Fase de Compreensão .....	83
4.2.	Estruturação .....	85
4.2.1.	Sistema WM .....	86
4.2.2.	Indicadores do Sistema WM.....	100
4.3.	Aplicação e Avaliação Crítica .....	104
4.3.1.	Aplicação da Ferramenta CTR do Sistema WM.....	104
4.3.2.	Informações Geradas pelo Sistema WM .....	105
4.3.3.	Avaliação Crítica.....	135
4.3.3.1.	Visitas de Campo .....	135
4.4.	Resultados e Proposição Final.....	143
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>148</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDAÇÕES E DESDOBRAMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>150</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>152</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Quando as questões ambientais começaram a ser abordadas pelas empresas dava-se foco às questões regulatórias. A questão ambiental não era compreendida como parte dos objetivos dos negócios.

Atualmente as regras do jogo mudaram, uma vez que o mercado exige sustentabilidade, com economia de recursos, transparência e responsabilidade. Empresas que não compreenderem esta nova realidade correm o risco de desaparecerem. (LAZLO, ZHEXEMBAYEVA, 2011)

Essa nova maneira de fazer negócios se aplica à construção civil. O setor corresponde a 5,8% do PIB nacional e emprega 2,7 milhões de pessoas (IBGE, 2013). Porém, é reconhecido por “uma alta geração de impactos ambientais, através do consumo de recursos naturais, da modificação da paisagem ou da geração desenfreada de resíduos sólidos” (HOFFMAN; MARQUES; GALVÃO, 2012, p.2).

Segundo diagnóstico sobre resíduos de construção civil realizado pelo IPEA (2012), com o objetivo de apoiar a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, são gerados no Brasil anualmente cerca de 31 milhões de toneladas de RCC, uma quantidade expressiva. Por isso, a indústria da construção civil é muito questionada pelas excessivas perdas de materiais oriundas de uma grande variedade de fatores, desde a gestão de processos construtivos, mão de obra não qualificada e o uso de tecnologias antiquadas, que resultam em perdas significativas nas obras e geração de resíduos.

Somam-se às perdas de materiais outros fatores que geram resíduos em quantidade significativa, uma vez que grande parte dos produtos é embalada em papel, papelão, embalagens metálicas ou plásticas. Também há geração de resíduos perigosos, como materiais contaminados com tintas e solventes, lâmpadas e amianto.

Até recentemente, por conta de falta de legislação adequada, os resíduos eram descartados sem critérios sustentáveis e sem que seus custos fossem totalmente contabilizados. O transporte e a destinação final dos resíduos da construção civil ocorriam sem qualquer responsabilização dos empreendedores quanto aos impactos ao meio ambiente. Essa externalidade

da atividade de construção torna-se ônus de toda a sociedade, devido aos impactos ambientais e custos reais do descarte inadequado de RCC.

Contudo, com o surgimento de nova legislação que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, os geradores passam a ser responsáveis por seus resíduos, inicialmente graças ao Conselho Nacional de Meio Ambiente –CONAMA, que inaugurou a disciplina sobre o tema com a Resolução nº307/2002, e posteriormente à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n.º12.305 de 2 de agosto de 2010).

A responsabilidade dos geradores de resíduos da construção civil diz respeito tanto aos custos quanto por reduzir e evitar impactos ambientais e incumbe aos geradores adotar boas práticas, como a segregação na fonte, destinação para empresas licenciadas e redução da geração.

Como instrumento para atender às novas exigências legais e gerenciar adequadamente os resíduos da construção civil, observa-se a necessidade de implantar tecnologias e processos em empresas construtoras, muitas vezes pouco conhecidos pelos operários ou engenheiros das obras. Previsto pela legislação citada, os Planos de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil –PGRCC devem estabelecer uma série de atividades e critérios para que o gerenciamento de resíduos seja realizado de forma adequada.

Apresentam como conteúdo mínimo um diagnóstico dos resíduos gerados, com origem, volume e caracterização do resíduo, incluindo passivos ambientais a ele relacionados, além de estabelecer uma definição quanto às responsabilidades por cada etapa do gerenciamento de resíduos, desde a coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final.

Mesmo com o empenho de algumas empresas construtoras para melhorar a gestão dos resíduos, observa-se enorme dificuldade para a implantação efetiva de processos e tecnologias que sejam suficientes para atender integralmente à legislação pertinente e tornar a gestão de resíduos adequada.

O fato da gestão dos resíduos não ser vista como uma atividade que agrega valor ao produto final contribui para que seja negligenciada. Esforços que visam ao correto gerenciamento dos resíduos ficam em segundo plano e toda a atenção das equipes de obra volta-se para a entrega do produto final.

Implantar a gestão ambiental implica em adotar uma série de valores e práticas, que dificilmente se verificam efetivamente nas empresas. Os autores listam alguns desses aspectos que envolvem a gestão ambientalmente adequada de resíduos da construção civil (HOFFMAN; MARQUES; GALVÃO, 2012, p.2)

(...) comprometimento da alta direção, estabelecimento de políticas, metas progressivas, indicadores constantemente atualizados, formação de recursos humanos e evolução contínua. Tais princípios estão alinhados com a implantação e manutenção de um sistema de gestão, tanto de qualidade, quanto ambiental, social e de saúde e segurança (...)

O ideal para o gerenciamento de resíduos, assim como todo e qualquer processo produtivo, é que ocorra em um contexto de gestão de qualidade ou de gestão ambiental, seguindo metodologias já consolidadas por vasta experiência e produção científica. De reconhecida eficácia e com milhares de empreendimentos certificados, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) ISO14000, descrito em normas técnicas periodicamente revisadas, apresenta práticas de gestão aplicadas dentro de um modelo cíclico de gestão, chamado PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Para a gestão de resíduos, esse conceito também é válido e pode ser aplicado.

Neste ciclo, o monitoramento (*Check*) é crítico, pois é responsável pela aferição e interpretação dos resultados da atividade produtiva, que por sua vez orientará a implementação de ações corretivas e de melhorias. É uma fase que deve consumir poucos recursos e apresentar informações úteis, baseadas em dados mensuráveis e rastreáveis.

Por ser uma atividade secundária à produção na construção civil, a atividade de gerenciamento de resíduos raramente é monitorada ou avaliada adequadamente, dificultando a melhoria de seus processos, obtendo-se assim resultados insuficientes, até mesmo para atender integralmente à legislação pertinente.

Desta forma, a presente pesquisa propõe um sistema de monitoramento e controle da gestão de resíduos, apoiado em uma plataforma digital, que permite agilidade na coleta de dados e riqueza de informações gerenciais que

podem auxiliar empresas construtoras a integrarem a gestão de resíduos à gestão da empresa e de sua produção.

## 1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O importante papel que as empresas devem ter na gestão ambiental já foi claramente estabelecido em 1987, com o Relatório de *Bruntland*. Porém, a gestão ambiental até a década de 80 e 90 era tratada como uma necessidade para atender às novas regulamentações, que por sua vez geravam custos aos negócios (HARRINGTON; KNIGHT, 1999).

Com o aprimoramento da gestão ambiental muitas empresas passaram a integrá-la a um processo mais amplo de tomada de decisão e passaram a tratá-la como questões de natureza estratégica (HARRINGTON; KNIGHT, 1999).

Atualmente, grande parte das empresas de construção civil tratam a gestão ambiental e, mais especificamente a gestão de resíduos, como uma questão regulatória, que deve ser atendida para viabilizar legalmente o empreendimento e não como uma questão estratégica, capaz de trazer vantagens competitivas.

Para que a maturidade da gestão de resíduos no setor da construção civil seja atingida e traga vantagens competitivas, há pela frente um longo caminho, cuja evolução tem como passo inicial o reconhecimento da questão ambiental como uma das prioridades corporativas. É preciso consciência de que as decisões a serem tomadas podem trazer profundas mudanças para a organização.

Uma abordagem comumente observada é a busca de soluções operacionais para o resíduo já gerado, que por força da lei deverá ser descartado adequadamente. Em prol da conformidade legal, o foco atual das ações de gerenciamento de resíduos das empresas de construção civil está em encontrar alternativas tecnológicas de reciclagem ou destinação final de resíduos para serem utilizadas dentro da própria empresa ou por terceiros.

Em vez de restringir a gestão de RCC sob uma visão apenas operacional, mais produtivo para a empresa seria adotar uma abordagem proposta pelas melhores práticas de gestão ambiental, na qual a gestão de resíduos permearia todos os níveis da empresa, operacional, tático e estratégico e condicionaria todas as decisões e ações.

Para elevar a gestão de resíduos do nível operacional para a administração da empresa é preciso reconhecer que o conceito de operador opõe-se ao de administrador. “O administrador (em qualquer nível, presidente, diretor, gerente) não opera: ele lidera e coordena pessoas conduzindo o esforço destas para um mesmo fim”. Um sistema de informações para o monitoramento dos resíduos pode auxiliar os administradores nesta tarefa, ao disponibilizar informações que ajudam a decidir e operar (MEIRELES, 2004).

Especificamente sobre monitoramento do desempenho ambiental, foi elaborada a Norma ABNT ISO14031, p.2, que trata das diretrizes para a Avaliação de Desempenho Ambiental. e a define como:

O processo para facilitar as decisões gerenciais com relação ao desempenho ambiental de uma organização e que compreende a seleção de indicadores, a coleta e análise de dados, a avaliação da informação em comparação com critérios de desempenho ambiental, os relatórios e informes, as análises críticas periódicas e as melhorias dos processos.

Diante das dificuldades gerenciais e a necessidade de um sistema que auxilie no monitoramento de resíduos sólidos, o problema abordado por este trabalho é a insuficiência de informações de gerenciamento de resíduos em empresas de construção civil que permitam uma avaliação consistente do desempenho do gerenciamento dos RCC e facilitem decisões gerenciais.

## 1.2. QUESTÃO DE PESQUISA

A partir do problema exposto, foi definida a questão principal a ser respondida por este trabalho: Como gerar informações de gerenciamento de resíduos em empresas de construção civil, que permitam uma avaliação do desempenho do gerenciamento dos RCC e facilitem decisões gerenciais?

Questões específicas:

- Quais são as fontes de dados de gestão de resíduos sólidos viáveis dentro de empresas de construção civil?
- Quais informações são necessárias para avaliar o desempenho da gestão de resíduos sólidos em empresas de construção civil a fim de auxiliar decisões e ações de melhoria?
- Como coletar e processar os dados de forma sistemática e contínua, a fim de gerar as informações de gestão de resíduos?

## 1.3. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é propor um sistema de monitoramento e controle da gestão de resíduos sólidos construção civil (RCC), que gere informações de gerenciamento desses resíduos e permita uma avaliação do desempenho do gerenciamento de RCC, facilitando decisões gerenciais.

**Objetivos Específicos:**

- Identificar quais são as fontes de dados de gestão de RCC disponíveis dentro de empresas de construção civil;
- Identificar quais informações são necessárias para avaliar o desempenho da gestão de resíduos sólidos em empresas de construção civil a fim de auxiliar decisões e ações de melhoria;



- Desenvolver um protótipo de sistema de informações (software) para coletar e processar os dados de forma sistemática e contínua, a fim de gerar as informações de gestão de resíduos.

#### **1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA**

A presente pesquisa não propõe novos processos operacionais ou de melhoria para a gestão de resíduos, e sim se limita a criar uma nova ferramenta para avaliar a gestão de resíduos, permitindo aos atores da construtora colocarem um novo olhar sobre seus processos.

A própria construtora, diante dos problemas levantados, poderá buscar as soluções que achar pertinente. O protótipo de software ajuda a avaliar se as ações de melhoria são efetivas, baseando-se em critérios preestabelecidos.

Para a aplicação do protótipo, podem ser criados e implantados novos processos para a coleta de dados e avaliação do desempenho da atividade de gerenciamento de resíduos.

Não se pretende propor um método definitivo para o monitoramento e controle da gestão de resíduos, mas sim contribuir para que sejam construídos e aprimorados sistemas de informações gerenciais para a atividade.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil**

O gerenciamento dos resíduos sólidos de construção civil pode ser descrito, em síntese, como um esforço realizado pelas equipes de construção para segregar os resíduos na fonte, acondicioná-los adequadamente, transportá-los e destiná-los para empresas licenciadas encarregadas de reciclar ou prover destinação final adequada.

Contudo, o número de construtoras assistidas por empresas de consultoria e outras instituições conhecidas para a implantação do gerenciamento de RCC em seus canteiros representa cerca de 1% do total das empresas construtoras nacionais com mais de cinco funcionários e são, em sua maioria, construtoras de médio e grande porte no município em que atuam. (MIRANDA; ANGULO; CARELI, 2008).

Esse dado sugere baixíssimo nível de especialização em gerenciamento de resíduos da construção civil, ou seja, ainda hoje muitas empresas construtoras estão em processo de aprendizado sobre essa atividade e a maior parte dos engenheiros responsáveis pelas obras não tem formação específica para isso. Uma consequência dessa ausência de capacitação é o agravamento dos impactos ambientais ocasionados pelo setor.

De acordo com Freitas et al. (2001) construir demanda uma série de intervenções no meio ambiente e, conseqüentemente impactos, como desmatamento e alterações do terreno, modificação da paisagem local, extração de matéria-prima, consumo de energia, geração de poeira e resíduos.

Visando a sanar essa lacuna de conhecimento, destaca-se o papel de entidades de classe de engenharia e arquitetura, sindicatos e instituições acadêmicas, que produziram uma série de manuais, alguns deles citados neste item da dissertação, como referência para os profissionais da construção civil gerenciar RCC.

Muitos impactos ambientais do setor de construção civil são causados pela falta de gerenciamento adequado dos RCC, sendo que esses resíduos representam mais do que o dobro, em massa, dos resíduos domiciliares produzidos em um município. (CREA/SP, 2005, p. 3).

São diversos os impactos causados pelo mau gerenciamento dos resíduos: obstrução de elementos de drenagem urbana de água; assoreamento, obstrução e poluição de rios, córregos e outros mananciais; poluição visual das cidades; contribuição para a proliferação de vetores de doenças; esgotamento prematuro de fontes de matérias primas não-renováveis por conta do desperdício e baixa reciclagem dos materiais.

A situação agrava-se ao considerar o acelerado ritmo de crescimento do setor de construção civil. Dentre problemas e oportunidades do gerenciamento de RCC, uma constatação relevante é de que os resíduos significam desperdício de matéria-prima que foi extraída do meio ambiente, comprada pela construtora e descartada como um material sem utilidade.

De acordo com Pinto (1999), as perdas na construção empresarial são intensas. O autor chega a afirmar que a perda de massa total de materiais em uma obra se situe entre 20 a 30%, dada a intensidade do desperdício. Confirma-se a importância do gerenciamento de resíduos para a preservação do meio ambiente e também, sob aspecto econômico, para melhorar a eficiência da indústria da construção civil.

Segundo diagnóstico bibliográfico do IPEA (2012), há carência de dados atualizados e precisos sobre a geração de RCC no Brasil. Contudo, os dados existentes de diversos autores apontam uma estimativa da composição da geração, conforme apresenta o quadro 01:

Quadro 1: Composição média de materiais de RCC em obras no Brasil.

<b>Componentes</b>	<b>Porcentagem</b>
Argamassa	63%
Concreto e blocos	29%
Outros	7%
Orgânicos	1%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fonte: IPEA (2012), de Santos (2009) de Silva Filho (2005)

Dada a gravidade do problema dos RCC, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA editou a Resolução nº 307/2002, que estabeleceu

diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, posteriormente aprimorada pelas Resoluções CONAMA n° 431/2011 e n° 448/2012.

Essas normas norteiam a gestão de resíduos sólidos de construção civil e definem responsabilidades de geradores dos resíduos, transportadores e agentes de destinação final. De acordo com a classificação da Resolução CONAMA n°307/2002, com alterações supracitadas, os resíduos de construção civil se dividem em quatro classes, sendo:

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

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

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel papelão, metais, vidros, madeiras e gesso; (Resolução CONAMA n° 431/2011);

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Resolução CONAMA n° 431/2011);

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Resolução CONAMA n° 348/2004).

A Resolução CONAMA n° 448/2012, em seu artigo 4º, deixa claro que a prioridade para gestão de resíduos sob responsabilidade dos geradores é evitar a geração.

(...) os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A Resolução CONAMA n° 307/2002, com alterações da Resolução CONAMA n° 448/2012, artigo 8º, prevê que os grandes geradores devem elaborar e implementar Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PGRCC para determinar procedimentos necessários ao manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

O escopo mínimo para os PGRCC definido pelas normas supracitadas contempla atividades de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação, exigindo-se claramente que todas as etapas do gerenciamento de resíduos sejam realizadas com o licenciamento pelo órgão ambiental competente.

Consolidando na legislação a responsabilidade dos geradores de RCC, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei n° 12.305 de 2 de agosto de 2010) vai mais longe e define a responsabilidade compartilhada para o gerenciamento dos resíduos, a qual estabelece que o gerador pode responder solidariamente por danos ambientais causados por seus resíduos, mesmo que tenha contratado terceiros para seu transporte e destinação.

Por força de lei, o gerador deve planejar previamente como gerenciar os RCC na obra, reduzindo ao máximo sua geração e monitorando e controlando seu transporte e destinação final. O gerador assim responsabiliza-se efetivamente ao longo do ciclo de vida do resíduo.

Nesse contexto, os manuais foram elaborados para auxiliar os profissionais da construção civil a adotarem boas práticas de gerenciamento de RCC. Em sua maioria, os manuais tem uma abordagem operacional do gerenciamento dos resíduos, alternando o foco também para a sensibilização e conscientização ambiental.

Entre as soluções operacionais apresentadas nos manuais, é consenso que é preciso criar meios nos canteiros de obras para que os resíduos sejam

segregados na fonte. Resíduos bem segregados podem ser destinados mais facilmente para empresas especializadas a custos mais viáveis.

Para Miranda, et al (2009), a prática da segregação na fonte possibilita a redução do volume de resíduos, por conta da redução do “empolamento”, que pode ser definido como o aumento do volume dos resíduos devido à má organização desses dentro das caçambas, formando grandes vazios. O mesmo estudo indica que é possível obter uma redução entre 25% e 47% dos custos com transporte e destinação dos RCC, quando são bem separados na obra.

Uma vez bem segregados, os RCC precisam ser transportados e destinados para empresas idôneas, com licenças ambientais válidas. Todo o processo deve ser documentado para que o gerador possa, em qualquer momento, reportar aos órgãos ambientais e à população o que tem feito com seus RCC.

É recomendado que a documentação desses processos seja compartilhada com os outros agentes envolvidos (transportador e destinatário), sendo que o Controle de Transporte de Resíduos - CTR é apontado como um documento apropriado para esse fim (CREA – SP, 2005)

Diversos manuais, elaborados por diferentes órgãos e organizações, entre eles o Sinduscon-SP, CREA-PR e Sinduscon-CE, também apontam o controle de transporte de resíduos como uma ferramenta fundamental para a documentação das atividades de gerenciamento de resíduos de construção civil.

Outros controles ambientais, como check-lists, também podem ser usados para o gerenciamento dos resíduos com o objetivo de verificar os resíduos ainda no canteiro de obras, avaliando a qualidade de sua segregação e limpeza do canteiro, antes que sejam despejados em uma caçamba. (SINDUSCON – SP, 2005)

Além de documentar, o uso de check-lists permite avaliar o desempenho da obra periodicamente. As avaliações podem servir como referência para a direção da obra atuar na correção dos desvios observados. (SINDUSCON – SP, 2005) Os resultados do monitoramento servem para a direção da construtora orientar e apoiar melhorias no gerenciamento dos resíduos.

Já foram desenvolvidos critérios norteadores da gestão de resíduos sólidos de construção civil e existem meios legais para responsabilizar as

construtoras, caso não os apliquem. Contudo, o gerenciamento dos RCC ainda precisa evoluir para que os problemas ambientais decorrentes das atividades do setor sejam mitigados e as oportunidades sejam aproveitadas.

## **2.2. Estratégia, Sustentabilidade e Gestão de Resíduos Sólidos de Construção Civil**

Em 2004, o Ministério do Meio Ambiente reafirmou o compromisso assumido pelo país na Rio 92 e referendado na Conferência de Johannesburgo em 2002 com a agenda 21, que traz uma visão de futuro possível e desejável para a sustentabilidade, orientando políticas públicas e, conseqüentemente as empresas, para que busquem a sustentabilidade (MMA, 2004).

A Agenda 21 apresenta entre seus objetivos a produção e o consumo sustentável contra a cultura do desperdício. Aponta dois aspectos distintos a serem tratados no combate ao desperdício: mudança no padrão de consumo e redução do desperdício nos processos produtivos (MMA, 2004).

Como forma de evitar perdas no processo produtivo, o documento aponta a necessidade de adotar tecnologias menos intensivas em energia e que requeiram menor quantidade de matérias-primas, sendo a construção civil um segmento com potencial de contribuir para reduzir o desperdício praticado nos canteiros de obras por meio de tecnologias inovadoras (MMA, 2004).

Reduzir a geração dos resíduos e o desperdício de matéria-prima se tornam um objetivo da política ambiental do país, a exemplo da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010), passando a ser importante fator a ser considerado pelas empresas na análise do ambiente de negócios, o que pode influenciar em decisões estratégicas empresariais.

Entende-se a sustentabilidade como um conceito amplo, que vai além da gestão ambiental, e engloba questões econômicas e sociais, sendo uma tendência que tem causado grandes mudanças nos modelos de negócio das empresas (HITCHCOCK; WILLARD, 2009).

Reconhecer a necessidade de ser sustentável tem implicações diretas na forma de fazer negócios, trazendo mudanças para as mais diversas áreas da empresa. Pode influenciar a decisão na compra dos suprimentos, as

estratégias de marketing, as tecnologias de produção, fontes de energia, relação com clientes e comunidade, entre outros. (HITCHCOCK; WILLARD, 2009)

Nesse contexto, executivos não podem encarar as questões ambientais como um fardo, e sim como oportunidades de obter vantagens competitivas e consideram evidentes os diferenciais competitivos de empresas que incorporam a sustentabilidade em sua estratégia. (ESTY; SIMMONS, 2011)

A gestão ambiental faz parte das ações de sustentabilidade e pode trazer vários benefícios para a indústria da construção civil. Cria boas relações com vizinhos do empreendimento, reduz custos do seguro, valoriza e aumenta liquidez do imóvel e reduz a ocorrência de embargos e incidentes que possam implicar em responsabilidade civil (FREITAS et al, 2001).

Além da gestão ambiental, a construção civil tem buscado a sustentabilidade por meio da adoção de práticas recomendadas pelos sistemas de certificação de construções sustentáveis, os quais têm promovido mudanças positivas na indústria da construção civil. Os sistemas de certificação podem oferecer orientações de projeto, servir como uma ferramenta de tomada de decisão, fornecer sistemas de mensuração do impacto ambiental e funcionar como uma ferramenta para mudanças. Fornecem meios para medir e verificar a sustentabilidade de um projeto ou edifício, agregando valor ao produto final. (KWOK; GRONDZIK, 2013)

São diversos os sistemas de certificação de construções sustentáveis, como o LEED, Acqua, BREEM, Smart Homes, Sustentax, entre outros. Todos consideram critérios como eficiência energética, utilização de materiais reciclados, eficiência no uso da água, qualidade ambiental interna, canteiros de obras e gerenciamento dos resíduos.

Em âmbito nacional foram criados o Selo Azul da Caixa Econômica Federal e o Sistema Qualiverde da Prefeitura do Rio de Janeiro. São sistemas de certificação voluntários que podem trazer diversos benefícios para os empreendedores e moradores. Ambos os selos contemplam requisitos de redução do desperdício e gerenciamento dos resíduos como critério de certificação.

Ter a sustentabilidade como horizonte traz oportunidades e mudanças aos negócios que lhe conferem importância estratégica na gestão,



evidenciando a necessidade de inseri-la efetivamente no planejamento das empresas construtoras. Conseqüentemente, o desenvolvimento de uma visão mais ampla das empresas de construção civil sobre a relação entre suas estratégias de negócios e sustentabilidade auxilia na gestão ambiental e na gestão de RCC. Dada essa relação estratégica da gestão de resíduos com as decisões do negócio, é necessário aprofundar a compreensão sobre conceitos centrais de planejamento estratégico e seus objetivos.

Planejamento estratégico refere-se à maneira pela qual uma organização pretende alcançar os objetivos propostos. Escolhidos e fixados os objetivos organizacionais, deve-se escolher as táticas e operações que melhor implementem a estratégia adotada. (CHIAVENATO, 2001).

Em termos organizacionais, a estratégia é definida como a mobilização de todos os recursos da empresa no ambiente global visando a atingir objetivos em longo prazo. Tática, é um esquema específico de emprego de recursos dentro de uma estratégia geral. (CHIAVENATO, 2001).

De acordo com Maximiliano (2012) estratégias são cursos de ação para aproveitar oportunidades e enfrentar ameaças, internas e externas. Para colocá-las em prática, é necessário elaborar e executar planos funcionais, políticas e planos operacionais. O processo de execução gera resultados, cuja avaliação fornece o *input* para o reinício do ciclo de planejamento estratégico.

Para KAPLAN (1997) a estratégia deve ser traduzida em um conjunto de objetivos e medidas, organizadas segundo diferentes perspectivas, que vão além da perspectiva financeira e englobam perspectivas do cliente, dos processos internos e do aprendizado e crescimento.

Planejar estrategicamente implica em ampliar a visão da gestão financeira e de produção para outras questões mais abrangentes e intangíveis, que podem influenciar diretamente a sobrevivência da empresa, como por exemplo, a sustentabilidade, a gestão ambiental e a gestão de resíduos sólidos.

As empresas estão competindo em um ambiente no qual a produção não é suficiente para determinar sua competitividade, o que traz a necessidade de aperfeiçoar sua capacidade de gerir e utilizar informações que permitam aplicar um planejamento estratégico mais amplo. Na era da informação, a

capacidade de gerenciar seus ativos intangíveis ou invisíveis tornou-se mais decisiva do que investir e gerenciar ativos físicos tangíveis (KAPLAN, 1997).

A sustentabilidade é um desses ativos intangíveis e deve ser considerada no planejamento estratégico, pois tem o potencial de agregar enorme valor à empresa e seus produtos. Por sua vez, os resíduos são entendidos como um aspecto significativo para a gestão ambiental, a qual integra ações de sustentabilidade, sendo fundamental inserir a gestão de resíduos entre os objetivos e metas do planejamento estratégico das empresas de construção civil.

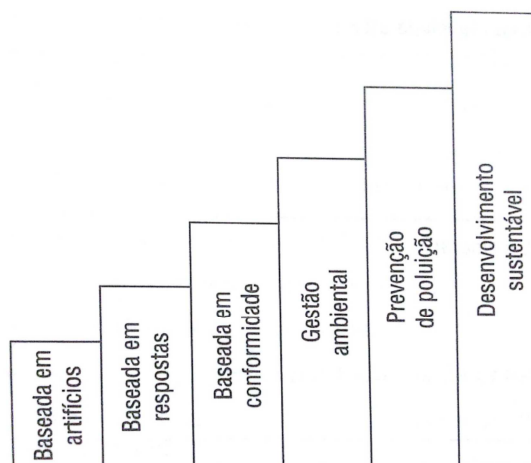
Empresas que efetivamente implantam sistemas de gestão ambiental evoluem de um nível de controle de poluição, no qual as questões ambientais são vistas como custos, as ações são reativas e busca-se apenas atender aos requisitos legais, para um nível de postura estratégica, na qual a empresa enxerga a gestão ambiental de maneira proativa e preventiva, como uma maneira de obter vantagem competitiva, com redução do consumo de insumos, uso de tecnologias mais eficientes e boas práticas disseminadas na organização. (BARBIERI; JABBOUR; SANTOS, 2006)

A inclusão da sustentabilidade na estratégia da empresa pode abrir inúmeras potencialidades de redução de ineficiências da produção e conseqüentemente na geração de resíduos. Por exemplo, muitas empresas adotaram como foco a *Eco-eficiência* para reduzir a geração de resíduos, o que significa adotar práticas mais eficientes de produção. (ESTY; SIMMONS, 2011)

Segundo Hitchcok et al (2009), por terem adotado a sustentabilidade em sua gestão empresarial e terem melhorado significativamente sua eficiência, algumas empresas já atingiram a meta de não enviar resíduos para aterros, a exemplo da Toyota, Europa.

De acordo com Harrington et al (1999), empresas que adotam sistemas de gestão ambiental e buscam transformar os custos iniciais em vantagem competitiva dão seis passos classificados conforme a figura 01. Nota-se que a gestão ambiental é um nível intermediário enquanto no nível máximo de maturidade, atinge-se o desenvolvimento sustentável.

Figura 1- Escala com seis passos a serem percorridos por empresas que buscam o desenvolvimento sustentável.



Fonte: Harrington; Knight, 1999.

Há dois pré-requisitos para um sistema de gestão ambiental ser efetivamente implantado. O primeiro é o comprometimento da alta direção da empresa com a melhoria da gestão ambiental. O segundo é a realização de uma avaliação do desempenho do empreendimento em relação ao meio ambiente (FREITAS et al, 2001)

De acordo com o requisito de se realizar uma avaliação do desempenho ambiental para que a gestão ambiental seja efetiva, são necessários indicadores. Pesquisadores consideram que “uma forma de operacionalizar o conceito de sustentabilidade é por meio da utilização de indicadores, um instrumento que pode auxiliar os gestores no processo decisório”. (POLAZ; TEIXEIRA, 2009, p. 411)

### 2.3. Avaliação do Desempenho e indicadores

Todo trabalho necessário para a elaboração, implantação e manutenção da estratégia de uma empresa, assim como suas ações de sustentabilidade, requer monitoramento periódico por meio de indicadores capazes de avaliar se os objetivos e metas estão sendo atingidos.

Segundo Kaplan e Norton (1997) “os executivos precisam de indicadores sobre vários aspectos do ambiente e desempenho organizacional, sem o que

não tem como manter o rumo da excelência empresarial”. Para Costa (2003), especificamente para a indústria da construção civil,

(...) apesar dos esforços realizados pela comunidade acadêmica e do crescente interesse das entidades setoriais em disseminar conceitos e práticas da medição de desempenho, o uso dos indicadores de desempenho não é sistemático em grande parte das empresas de construção.

A ausência de medidas adequadas associadas às estratégias é apontada como uma das maiores deficiências nos sistemas de indicadores das empresas de construção (COSTA, 2003). Essa é uma realidade observada em empresas construtoras no que diz respeito à sustentabilidade, já que raramente apresentam objetivos e metas de sustentabilidade inseridos no planejamento estratégico e relacionados aos indicadores de desempenho.

Segundo Chiavenato (2001) quando se define um objetivo organizacional e se busca realizar ações em nível tático e operacional para atingi-lo, deve-se criar formas de mensurar, quantificar e controlar as ações para que os resultados sejam conhecidos e confrontados com o objetivo estratégico. “Se não se pode medir o resultado, é melhor esquecer o assunto”.

Da mesma forma, Maximiliano (2012), diz que a formulação e a implementação da estratégia são complementadas pela atividade de monitoramento, a qual consiste em acompanhar e avaliar a execução da estratégia com base em indicadores.

Os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, ou também podem ser entendidos como um recurso que deixa mais perceptível uma tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável (BELLEN, 1997, apud HAMMOND et al. 1995)

Dada a importância dos indicadores, é fundamental conceitua-los e descreve-los mais detalhadamente. Neste sentido, o Ministério do Planejamento realizou um mapeamento bibliográfico e do estado da arte sobre indicadores de gestão e apresentou diferentes definições. A seguir são elencadas algumas definições levantadas pelo mapeamento (MP, 2009):

1. Os indicadores são instrumentos que permitem medir os insumos, processos, produtos, resultados e efeitos dos projetos, programas e estratégias de desenvolvimento;

2. Um modelo para conseguir mensurar o desempenho;
3. Os indicadores devem ser especificados por meio de métricas estatísticas, mais comumente formados por percentagem, média, número-bruto, rateio, proporção e índice;
4. É uma métrica comparativa usada para responder a questão "Como estamos fazendo?". Alinhado a uma dimensão específica com metas de performance;
5. Indicadores de qualidade são aqueles que possibilitam informações quantitativas e de qualidade ao se examinar algum fenômeno (processo ou resultado) que permite a análise da sua evolução e checar, com qualidade, se os objetivos foram atingidos, direcionando ações e decisões;
6. Os indicadores devem notificar os gestores com os resultados e objetivos de performance, além de permitir scorecards (Cartões de resultados) com o intuito de permitir cidadãos/usuários para julgar o serviço.

Em síntese, o objetivo dos indicadores é agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente. Eles simplificam as informações sobre fenômenos complexos tentando melhorar com isso o processo de comunicação. (BELLEN, 2007) Um desdobramento do uso dos indicadores é permitir avaliar uma organização sob o ponto de vista de eficácia, eficiência e efetividade, simultaneamente. (CHIAVENATO, 2001)

A eficiência pode ser verificada a partir da relação dos resultados de uma ação com o mínimo de uso de recurso, enquanto na avaliação de efetividade verifica-se se os resultados alteraram a situação inicial. A eficácia é a relação entre o resultado obtido e a meta especificada previamente. (MMA, 2010).

Indicadores também podem ser traduzidos em índices que condensam informações obtidas pela agregação de dados. Os índices são necessários no nível mais alto de tomada de decisão, uma vez que expressam um resultado global, fruto de diversas ações realizadas para atender um objetivo estratégico comum (BELLEN, 2007)

Para ser representativo, o indicador deve ser considerado importante tanto para os tomadores de decisão quanto pelo público. Uma vez claros e bem definidos pela empresa, a característica mais importante dos indicadores é a sua relevância para a política e para o processo de tomada de decisão. (BELLEN, 2007, apud GALLOPIN, 1996).

Para construir indicadores que atendam a todas essas necessidades é preciso seguir uma metodologia. Palvarini (2012) estabelece uma metodologia

para construção de indicadores de desempenho composta pelas seguintes etapas:

- 1 - Identificação da dimensão;
- 2 - subdimensão e objetos de mensuração;
- 3 - estabelecimento de indicadores;
- 4- validação preliminar dos indicadores com as partes interessadas;
- 5 - construção de fórmulas;
- 6 - estabelecimento de metas e notas;
- 7 - definição de responsáveis
- 8 - geração de sistema de coleta de dados
- 9 - ponderação e validação final dos indicadores com as partes interessadas;
- 10 - mensuração do desempenho;
- 11- análise e interpretação dos indicadores,
- 12 - comunicação do desempenho.

Especificamente para a gestão ambiental, a Norma ABNT-NBR 14031: 2004 fornece orientação para o uso de indicadores na avaliação do desempenho ambiental em uma organização. Define desempenho ambiental como: resultados da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais, medidos com relação à sua política, objetivos e metas ambientais.

Os indicadores devem resumir ou simplificar informações relevantes, fazendo com que os fenômenos que ocorrem na realidade se tornem mais aparentes e sejam percebidos. Essa característica é particularmente importante na gestão ambiental, uma vez que a falta de percepção da ligação entre ação humana e suas consequências dificultam a tomada de decisões para conservação do meio ambiente. (BELLEN, 2007, apud GALLOPIN, 1996)

Segundo a Norma ABNT-NBR 14031: 2004 são definidos três tipos de indicadores: Indicador de desempenho ambiental, gerencial e operacional. Os indicadores de desempenho gerencial e operacional medem os esforços dos dois setores para influenciar o desempenho ambiental, reconhecendo a importância de envolver todos os setores da empresa na gestão ambiental.

A avaliação de desempenho ambiental (ADA) serve para facilitar as decisões gerenciais com relação ao desempenho ambiental de uma organização. É um processo de gestão interna que utiliza indicadores para fornecer informações, comparando o desempenho ambiental, passado e presente, seguindo o modelo gerencial PDCA (ABNT, NBR 14031:2004).

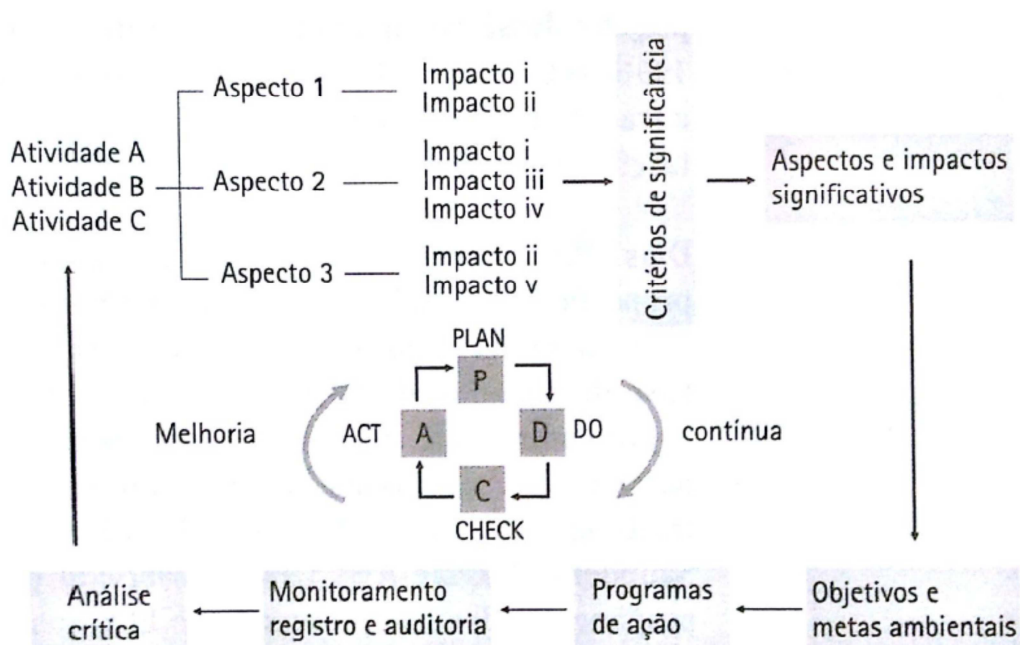
Um dos objetivos da gestão é buscar sempre melhorar seus processos e serviços. Para tanto foram criados sistemas de gestão com foco em melhoria contínua os quais podem ser representados pelo ciclo PDCA (*Plan* (planejar), *Do* (fazer), *Check* (controlar), *Act* (agir)) e seus desdobramentos. (FGV, 2003)

A fase de controle desse processo contínuo é a que permite conhecer se o “planejado foi consistentemente alcançado através da comparação entre as metas desejadas e os resultados obtidos” e deve ser “baseado em fatos e dados e não baseado em opiniões”. (FGV, 2003)

A meta é uma expressão numérica que representa o estado futuro de desempenho desejado. Todos os indicadores de desempenho devem ter metas, os quais devem ser suficientes para assegurar a efetiva implementação da estratégia traçada. (PALVARINI, 2012)

Sánchez (2011), representa na figura 02 a relação entre o ciclo PDCA e a avaliação de aspectos e impactos ambientais, integrando objetivos e metas ambientais, monitoramento e gestão ambiental em um ciclo de gestão do desempenho ambiental.

Figura 2 - Identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais e ciclo PDCA, para melhoria da gestão do desempenho ambiental.



Fonte: Sanchez, 2011

Fica clara a importância dos indicadores na gestão de qualquer atividade. (POLAZ, 2009; IBGE, 2008; MILANEZ; TEIXEIRA, 2003, p. 412).

Um dos desafios da construção do desenvolvimento sustentável é criar instrumentos de mensuração capazes de prover informações que facilitem a avaliação do grau de sustentabilidade das sociedades, monitorem as tendências de seu desenvolvimento e auxiliem na definição de metas de melhoria.

É premente a necessidade de criar indicadores para a gestão de resíduos sólidos de construção civil para construtoras, já que não são muitos os indicadores atualmente utilizados. A Cooperativa da Construção Civil do Ceará, COPERCON-CE, apresentou em seu Manual Ambiental de Resíduos Sólidos da Construção Civil dois indicadores para a gestão de resíduos em construtoras: relação entre volume e custo de transporte e destinação; e altura dos resíduos, que é uma relação entre volume gerado e área construída.

Os dois indicadores foram testados em obras da região e mostraram-se úteis para a gestão de resíduos, pois permitiram estabelecer metas de redução do volume dos resíduos gerados acompanhadas durante a construção. Ficou demonstrado que houve uma redução efetiva do volume gerado e o indicador permitiu confrontar o resultado de diversas obras.

Para o *Global Reporting Initiative* – GRI, organização internacional empenhada em desenvolver metodologias de mensuração de desempenho em sustentabilidade para grandes empresas, os resíduos sólidos são tratados como “materiais”, dando foco em como minimizar sua geração.

Define “Materiais usados por peso ou volume” como um indicador que “descreve a contribuição da organização à conservação da base de recursos globais e os esforços para reduzir a intensidade dos materiais e aumentar a eficiência da economia”. (GRI, 2012) Essa é uma abordagem preventiva e reflete dois princípios básicos da gestão de resíduos: reduzir e reutilizar.

Como a gestão de resíduos de construção civil é um aspecto ambiental dos sistemas de gestão ambiental, é plausível que siga as recomendações da Norma ABNT ISO 14001:2004 e atinja níveis altos de decisão nas organizações, com reconhecida importância estratégica. Para tanto, os resíduos sólidos devem ser gerenciados sistematicamente, de forma integrada



à gestão global, com metas e objetivos mensuráveis e avaliações de desempenho periódicas em busca do aperfeiçoamento da atividade.

O controle e monitoramento são passos chave nesse processo e podem ser executados com o auxílio de sistemas de informações gerenciais capazes de coletar dados e transformá-los em indicadores rapidamente, distribuindo-os entre os interessados para acompanharem o desempenho de suas atividades.

#### **2.4. Sistemas de Informações Gerenciais**

Sistemas de Informações Gerenciais auxiliam empresas a coletar dados e transformá-los em informações úteis para o processo decisório de sua administração. Todas as empresas têm informações que sustentam suas decisões, mas apenas algumas têm um sistema estruturado capaz de proporcionar uma vantagem competitiva (OLIVEIRA, 2008)

Empresas estão realizando grande esforço na tentativa de medir sua sustentabilidade que a cada dia se torna mais vital para as corporações. Um Sistema de Informações Gerenciais (SIG) pode ser de grande auxílio para gerenciar as metas e indicadores de desempenho. A princípio, faz-se necessário definir mais claramente o conceito de SIG.

Segundo Oliveira (2008), “é um processo de transformação de dados em informações que são utilizadas na estrutura decisória da empresa, proporcionando, ainda, a sustentação administrativa para otimizar os resultados esperados”.

Para Meireles (2004) “sistemas de informações gerenciais (SIG) são um esforço organizado para prover informações que permitam à empresa decidir e operar”.

Para uma maior compreensão dos SIG é necessário ter claro que dados se diferenciam de informações. Dado é um elemento em sua forma bruta, que não conduz a compreensão de um fenômeno. Informação é um dado trabalhado que conduz a compreensão de um fenômeno e permite a tomada de decisões. (OLIVEIRA, 2008)

Para que o SIG funcione adequadamente é necessário que se conheça quais são os dados que devem ser processados e transformados em informações, para então determinar como coletar, processar, armazenar e

distribuir as informações consideradas úteis, que visam apoiar a tomada de decisões e o controle em uma organização.

Para tanto, é preciso conhecer a relação entre dados e informações, suas limitações e potencialidades. Os dados são coletados no campo, em procedimentos corriqueiros da operação. Dados agregados, indicadores e índices são informações que resultam da agregação e relação dos dados, conforme indica a pirâmide de informações da figura 03.

Figura 3 - Pirâmide de Informações: Níveis de agregação de dados e níveis de informação.



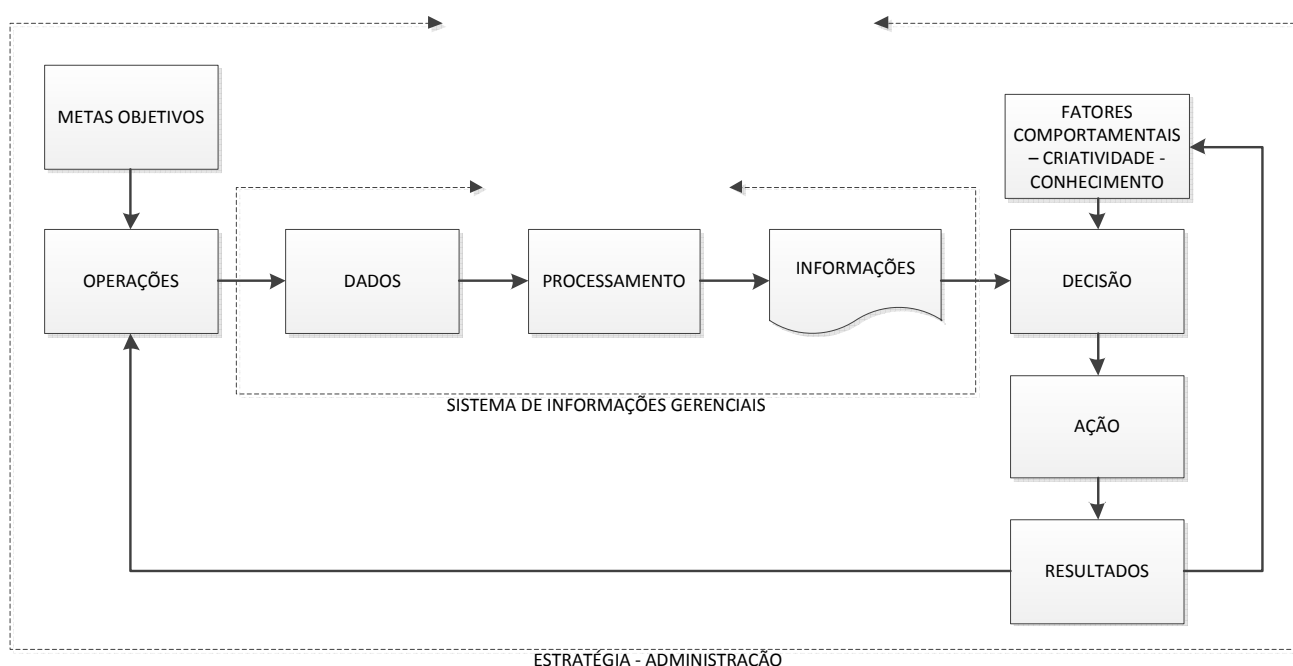
Fonte: Adaptado pelo autor de Hammond (1995) e (Sesi 2010)

Para que as informações sejam úteis para a gestão, devem ser geradas facilmente ao longo do tempo de forma sistemática e contínua. Sistemas de informações gerenciais, desenvolvidos em plataformas digitais, podem auxiliar neste processo, pois geram e distribuem informações com rapidez e agilidade.

A relação entre SIG e o processo de decisão pode ser melhor compreendida por meio do fluxograma da figura 04. As metas e objetivos da empresa que refletem sua estratégia orientam suas operações, gerando dados

que são processados por meio do SIG e geram informações. As decisões são tomadas com base nas informações do SIG, fatores comportamentais, criatividade de seus colaboradores e conhecimento da empresa, gerando ações que vão produzir resultados. As operações da empresa, seu conhecimento e o processo criativo para gerar soluções são realimentados pelos resultados, que, por sua vez, condicionarão novas decisões em um ciclo contínuo.

Figura 4 - Relação entre Sistemas de Informações Gerenciais (SIG) e o processo decisório.

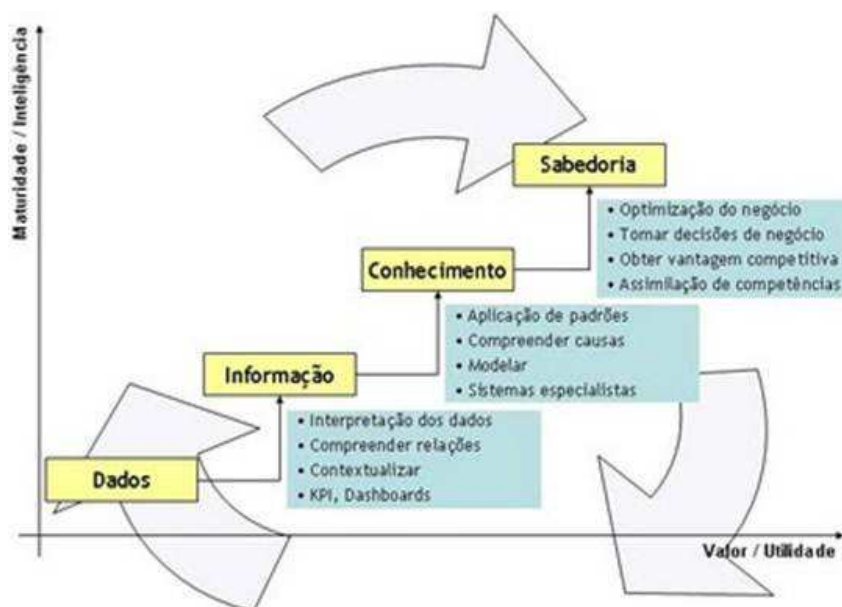


Fonte: Adaptado pelo autor de Oliveira (2008) e Turban (2007).

Segundo Turban (2007), dados e informações não são conhecimento. Dados são fatos, medidas e estatísticas, e informações são dados organizados ou processados. Já o conhecimento é uma informação inserida em um contexto, é a “informação em ação”. Em outras palavras, o conhecimento representa a capacidade de aplicar a informação em prol dos objetivos da empresa.

Ao utilizar o SIG em sua gestão, a empresa aumenta a maturidade sobre seus processos e seu negócio, conforme ilustra a figura 05, ao passo que as informações melhoram processos, aumentam o conhecimento e permitem assimilar novas competências e vantagens competitivas.

Figura 5 - Valor de Sistemas de Informações Gerenciais para ganho de maturidade/inteligência das empresas.



Fonte: teamsoftware.wordpress, 2011

Para que as empresas possam usufruir das vantagens do SIG, devem ser observadas algumas premissas, entre elas as principais são (OLIVEIRA, 2008, p. 38):

a alta e média administração devem se envolver e participar da implantação e uso contínuo do sistema; todos devem desenvolver as competências necessárias para operar o sistema; deve ter um adequado custo-benefício; habilidade dos executivos da empresa em tomar decisões com base nas informações geradas pelo sistema; reconhecimento que a necessidade por informações cresce exponencialmente em relação ao crescimento da empresa.

De acordo com Meireles (2004), assegurar a sobrevivência das empresas exige um grande conjunto de causas, contramedidas ou metas de sobrevivência, como a necessidade de informação ótima: informação certa, no tempo, no lugar e na forma desejada, o que implica decidir:

- ✓ **O que** deve ser informado, ou seja, a síntese dos dados originais;
- ✓ **Por que** deve proceder à informação;
- ✓ **Quem** informa ou deve ser informado;
- ✓ **Como** deve ser informado, isto é: forma do relatório;

- ✓ **Quando** o usuário deve ser informado: a especificação temporal a partir da qual a informação deve estar disponível ou entregue.

Cada nível gerencial, cada função, requer um tipo específico de informação e a norma da eficiência exige que a informação fornecida deva ser igual à requerida pelo solicitante. (MEIRELES, 2004) Podem ser definidos três níveis de influência do SIG: Estratégico, tático e operacional. Cada um deles tem uma necessidade diferente de informações, em função das atividades que desenvolvem e das decisões que devem ser tomadas.

O nível mais alto da administração, que é responsável pela formulação e implementação da visão de longo alcance, tem necessidade de informações de natureza ampla e de cunho essencialmente estratégico (MEIRELES, 2004), que consideram a interação entre as informações do ambiente empresarial e as informações internas da empresa. (OLIVEIRA, 2007)

No nível tático, não são consideradas informações da empresa como um todo, mas sim uma área específica. (OLIVEIRA, 2007) Um operador geralmente requer informações detalhadas sobre as operações do dia a dia e não a informação ampla e estratégica. (MEIRELES, 2004)

Um sistema de informações gerenciais é abrangente e produz todas as informações necessárias para todos os níveis dentro da organização. Para ser uma ferramenta útil, a informação deve ser completa, precisa e apropriada para a tarefa e a pessoa destinada, e deve ser entregue com pontualidade e se equiparar à necessária para a tomada de decisão. (MEIRELES, 2004)

## **2.5. CONTRIBUIÇÕES DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA A PESQUISA**

São elencadas a seguir as contribuições da revisão bibliográfica que compõem a fase de compreensão do processo de pesquisa. São elas:

- ✓ De maneira geral, foi possível compreender que o planejamento estratégico de empresas e a busca por sustentabilidade devem convergir para a definição de objetivos e metas mensuráveis e verificáveis, que podem ser traduzidas em informações expressas em indicadores e índices.

A melhor forma de gerar as informações é contar com um sistema de informações gerenciais, capaz de coletar e processar dados do gerenciamento dos resíduos em tempo real e distribuir os indicadores e índices gerados entre os diversos tomadores de decisão das empresas.

Por meio de uma avaliação de desempenho, em que se confrontam os resultados obtidos com os resultados desejados, é possível realizar ações de melhoria de curto e longo prazo, influenciando diretamente na gestão de resíduos em um nível tático e operacional e estratégico.

Esse ciclo contínuo gera conhecimento que pode proporcionar um amadurecimento das empresas sobre a gestão de resíduos sólidos, identificando oportunidades e vantagens competitivas antes desconhecidas.

- ✓ Para ser efetiva a gestão ambiental deve adotar postura estratégica: proativa, melhoria contínua, disseminado na organização;
- ✓ O ciclo PDCA é ferramenta comum em todos os sistemas de gestão, inclusive gestão ambiental: o monitoramento é chave no processo e deve ser valorizado na gestão de resíduos de construção civil;
- ✓ A maioria dos manuais de gerenciamento de resíduos sólidos de construção civil aborda a gestão de resíduos sob o ponto de vista operacional e não a melhoria contínua ou o monitoramento de forma completa e integrada à gestão estratégica da empresa, além de não fornecer metodologias para a construção de indicadores;
- ✓ Organizações promotoras de sustentabilidade focam na gestão de materiais buscando minimizar a geração. A Resolução CONAMA n° 307/2002 e a Lei n°12.305 de 2 de agosto de 2010 estabelecem como prioridade a não geração de resíduos;
- ✓ Reportar resultados ambientais para os colaboradores da empresa e a comunidade é um requisito da sustentabilidade. Metodologias de avaliação do desempenho ambiental podem ajudar neste processo;

- ✓ A gestão de resíduos deve atender no mínimo aos requisitos legais e estabelecer metas e objetivos mensuráveis de melhoria contínua;
- ✓ Indicadores tem uma função para a gestão corporativa e estratégica, informam a níveis hierárquicos mais altos e permitem comparações, avaliação de padrões, definição de metas que busquem aumentar o conhecimento sobre o negócio e ajustar as estratégias relacionadas à sustentabilidade;
- ✓ Quanto maior a empresa, mais importante se torna o sistema de informações gerenciais no apoio às decisões;
- ✓ O descarte de resíduos é descarte de matéria-prima que foi extraída da natureza e comprada pela empresa construtora. Dessa forma, caracteriza um grande impacto ambiental e um alto custo para a empresa;
- ✓ Para o monitoramento da gestão ambiental, o Controle de Transporte de Resíduos (CTR), é identificado como um documento capaz de registrar o transporte e destinação de resíduos em diversos manuais. Utilizar o *check-list* para o gerenciamento de resíduos sólidos é uma importante ferramenta, pois permite uma vistoria e uma avaliação qualitativa continuada;
- ✓ Foram apresentados dois indicadores nos manuais de construção civil: Altura dos Resíduos, que é uma relação entre volume gerado e área construída, e custo por volume.

### **3. MÉTODO DE PESQUISA**

Nesse capítulo é descrito o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. São apresentadas as empresas parceiras, uma construtora e uma empresa para o desenvolvimento de software. Posteriormente são apresentadas a estratégia e processos da pesquisa e as ferramentas utilizadas para a coleta de dados e fontes de evidências.

#### **3.1. Caracterização da Empresa de Construção Civil**

A pesquisa foi realizada em empresa com mais de 40 anos de atuação no mercado de construção civil, presente em oito cidades brasileiras e também em outros países da América do Sul. Entregou mais de 230 empreendimentos residenciais e é atualmente a maior construtora imobiliária de capital fechado do país.

A empresa é reconhecida pela sua capacidade de entregar empreendimentos nos prazos estipulados e com a qualidade desejada, demonstrando ter maturidade gerencial, a qual é comprovada por diversas certificações, como ISO 9000 e nível “A” no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

Suas atividades em prol da sustentabilidade são voltadas para ações sociais, nas quais a empresa realiza a reforma ou construção de instalações úteis para comunidades das cidades nas quais tem empreendimentos. Quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos, a empresa realiza atividades que buscam a segregação e a correta destinação de seus resíduos há aproximadamente cinco anos.

Contudo, os responsáveis pela gestão de resíduos da construtora reconhecem que a atividade apresenta diversas lacunas que tornam necessário implantar melhorias para a gestão de resíduos sólidos de construção civil. Também há a percepção de que a sustentabilidade ambiental do negócio é fundamental para sua imagem junto aos seus clientes e que deve ser integrada definitivamente à gestão da empresa.



A maturidade gerencial e o reconhecimento da necessidade de aprimorar seus processos de gerenciamento de resíduos são facilitadores para a implantação do sistema de monitoramento e controle proposto.

Para a pesquisa foi designada uma equipe da empresa que contou com o Gerente Regional de Engenharia, responsável por todas as obras da região de Londrina, dois engenheiros, responsáveis pelas duas obras consideradas neste trabalho, o Coordenador de Meio Ambiente da empresa e quatro Operários (almoxarifes e ferramenteiros) que trabalham diretamente na operação dos resíduos sólidos.

Assim, foram envolvidos representantes de diferentes níveis hierárquicos da empresa, com diferentes papéis sobre os resultados e aplicação do monitoramento e controle da gestão dos resíduos sólidos.

O trabalho foi realizado em duas obras, denominadas neste trabalho de A e B, contemplando diferentes fases da construção: estrutura, fechamento, acabamento, limpeza. Vale lembrar que as diferentes fases se sobrepõem durante a obra, de maneira que uma mesma obra pode estar executando diferentes fases simultaneamente.

### **3.1.1. OBRA A**

Durante o período da pesquisa a obra A encontrava-se predominantemente nas fases de acabamento com algumas etapas da fase de fechamento em andamento simultaneamente. A área de lazer comum também estava sendo construída.

O terreno tem área de 5.800m<sup>2</sup>, com área total construída de 35.065m<sup>2</sup>. O condomínio conta com uma única torre de 23 andares, térreo e dois subsolos. São quatro apartamentos por andar, totalizando 92 apartamentos. A área total dos apartamentos é de 332m<sup>2</sup>, sendo 220m<sup>2</sup> de área privativa. Os apartamentos são de alto padrão.

O método construtivo utilizado foi sistema convencional em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação com blocos cerâmicos. Nenhum tipo de inovação tecnológica foi aplicado na obra em busca de maior produtividade.

A quantidade de funcionários durante a obra variou entre 50 e 250, conforme a demanda. Por cerca de dois anos, manteve-se com aproximadamente 200 funcionários. Aproximadamente 25% dos funcionários eram contratados da própria empresa, enquanto os outros 75% eram funcionários terceirizados.

A obra tem duração de 40 meses e até o mês de agosto de 2013 haviam se passado 33 meses. No mesmo período, a obra estava com 88% de seu escopo concluído.

### **3.1.2. OBRA B**

Durante o período da pesquisa, a obra B encontrava-se com diversas fases em andamento, uma vez que o condomínio é constituído de três torres em fases de construção diferentes. Uma torre encontrava-se em fase de acabamento e limpeza, outra em fase de fechamento e a terceira em fase de estrutura.

O terreno tem área de 10272m<sup>2</sup>, com área total construída de 36.273m<sup>2</sup>. O condomínio conta com três torres de 19 andares, térreo e subsolo. São seis apartamentos por andar, totalizando 342 apartamentos. A área privativa dos apartamentos é de 60m<sup>2</sup>, sendo considerados de médio padrão.

O método construtivo utilizado foi sistema convencional em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação com blocos cerâmicos. Nenhum tipo de inovação tecnológica foi aplicada na obra em busca de maior produtividade.

A quantidade de funcionários durante a obra variou entre 50 e 170, conforme a demanda, com aproximadamente 25% dos funcionários da própria empresa, enquanto 75% eram funcionários terceirizados.

A obra tem duração de 39 meses e até o mês de agosto de 2013 haviam se passado 24 meses. No mesmo período, a obra estava com 64% do seu escopo concluído.

### 3.2. Desenvolvimento do Software

A empresa para o desenvolvimento do software atua desde 2004 no mercado de criação de *softwares*, *websites*, *e-commerces* e de ferramentas tecnológicas voltadas à área ambiental, agronegócios, indústrias, logística e comércio. Localizada em Londrina, Paraná, presta serviço para diversas empresas de grande porte em todo o Brasil.

O software protótipo desenvolvido neste trabalho é uma aplicação WEB, utiliza banco de dados SQL Server, e foi desenvolvido em linguagem Asp.Net.

### 3.3. Estratégia da Pesquisa

Como definido na delimitação da pesquisa, não se pretende neste trabalho interferir diretamente nos processos de gerenciamento de RCC da empresa construtora, mas sim fornecer novas informações por meio da construção e aplicação de um sistema de monitoramento e controle da gestão de resíduos.

A estratégia de pesquisa foi o estudo de caso, porque o pesquisador tem pouca influência sobre os eventos em observação e o fenômeno estudado está inserido em um contexto real e contemporâneo (YIN, 2001).

Foram utilizadas diferentes fontes de evidências que pudessem ser convergentes para que os objetivos da pesquisa fossem atingidos. As fontes de evidências utilizadas foram:

- **Documentos e Registros em Arquivos da empresa:** Foram identificados e estudados diferentes documentos e registros que pudessem trazer informações sobre a gestão de resíduos da empresa, como planos de gestão, notas fiscais, relatórios de empresas prestadoras de serviços entre outros documentos existentes.
- **Entrevistas:** Foram realizadas entrevistas espontâneas durante visitas de campo e entrevistas semiestruturadas em momentos específicos de análise crítica do sistema de monitoramento e controle da gestão de Resíduos Sólidos.

- **Observação Direta:** foram realizadas visitas de campo, nas quais foram observados aspectos qualitativos da gestão de resíduos ao longo do período de pesquisa.

Ao longo do trabalho, os dados coletados foram sistematizados em um banco de dados da pesquisa, para que ficassem registrados e pudessem ser consultados facilmente.

A fim de auxiliar e orientar a coleta de evidências nas diferentes etapas do trabalho, as proposições foram formuladas, para cada uma das questões de pesquisa, a partir do conhecimento reunido sobre o tema na revisão bibliográfica e expectativas do pesquisador quanto às respostas possíveis. As proposições orientaram a elaboração de protocolos de pesquisa utilizados na coleta de evidências. As proposições elaboradas foram:

**Questão 1:** Quais são as fontes de dados de gestão de resíduos sólidos disponíveis dentro de empresas de construção civil?

**Proposições:**

- ✓ Deve haver documentos e formulários já utilizados pela empresa que podem ser aprimorados e informatizados para serem utilizados na coleta de dados de gestão de resíduos;
- ✓ Uma mudança na forma de coletar dados não deve gerar mais trabalho do que o atualmente realizado.

**Questão 2:** Quais informações são necessárias para avaliar o desempenho da gestão de resíduos sólidos em empresas de construção civil a fim de auxiliar decisões e ações de melhoria?

**Proposições:**

- ✓ A literatura deve trazer propostas de indicadores e índices para a gestão de resíduos sólidos de construção civil, mas que não são

facilmente aplicáveis com as ferramentas de processamento de dados existentes em construtoras;

- ✓ As informações geradas devem levar em conta questões legais, custos envolvidos, quantidades geradas e qualidade de segregação dos resíduos;
- ✓ Cada tipo de operador deseja informações diferentes de acordo com seu poder de atuação e atualmente essas informações não estão disponíveis;
- ✓ Não há conhecimento suficiente da equipe para identificar com clareza quais informações são importantes para a gestão de resíduos e como gera-las;
- ✓ Não há metas claras e mensuráveis para a gestão de resíduos, que considere todos os aspectos relevantes para a atividade;
- ✓ É possível gerar informações diversas para a gestão de resíduos sólidos que sejam compreendidas e aceitas pelos usuários do sistema;
- ✓ As informações de monitoramento e controle geradas influenciam a tomada de decisão dos gerentes, engenheiros e operadores envolvidos com a gestão de resíduos sólidos.

**Questão 3:** Como coletar e processar os dados de forma sistemática, e contínua, a fim de gerar as informações de gestão de resíduos?

**Proposições:**

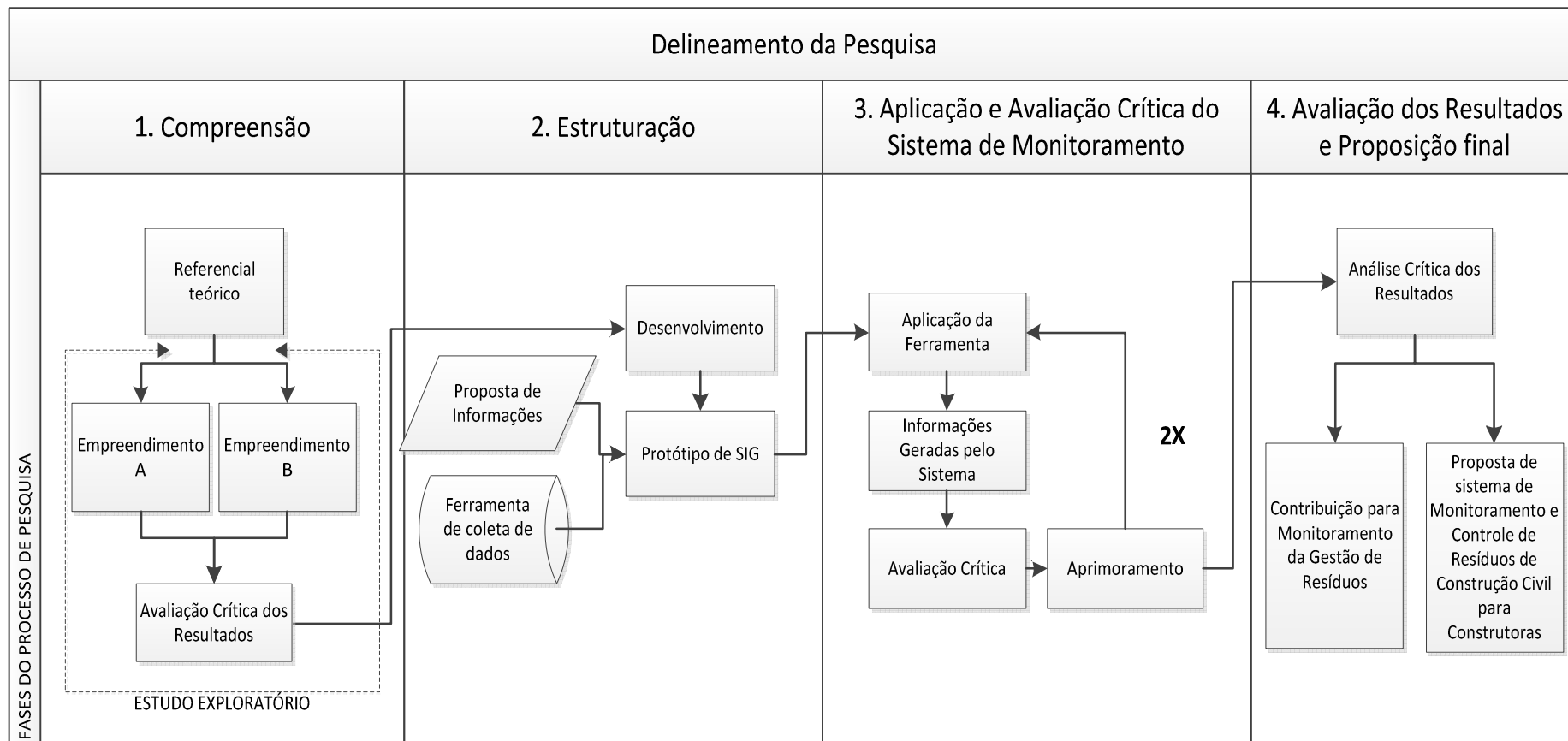
- ✓ Por meio de ferramenta eletrônica capaz de gerar banco de dados e processar os resultados rapidamente, permitindo acesso remoto de diferentes atores;
- ✓ Aprimorando um processo existente, que seja comum a todas as empresas de construção civil e que possa ser replicado em empresas similares.

### **3.4. Processo de Pesquisa**

O processo de pesquisa foi delineado por quatro fases principais: Compreensão, Estruturação, Aplicação e avaliação crítica do sistema de

monitoramento, Resultados e Proposição Final. A figura 06 apresenta essas fases:

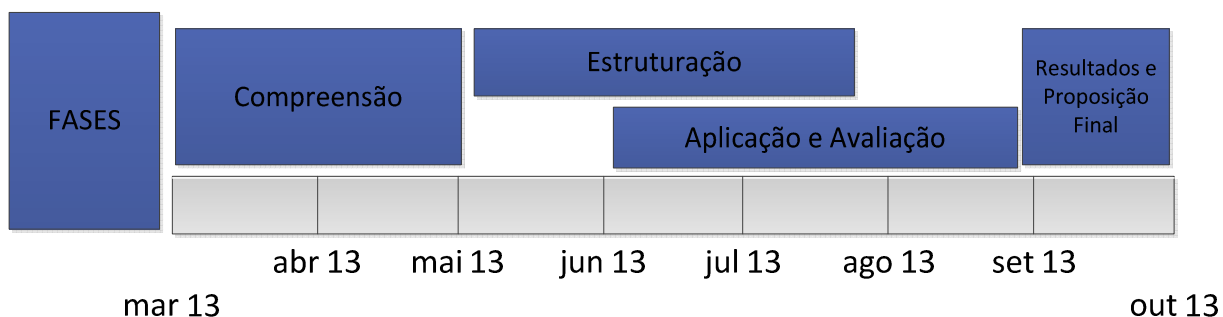
Figura 6 - Quadro esquemático do delineamento da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

O processo de pesquisa foi desenvolvido ao longo de cerca de sete meses conforme apresenta a figura 7:

Figura 7 - Cronograma de execução da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

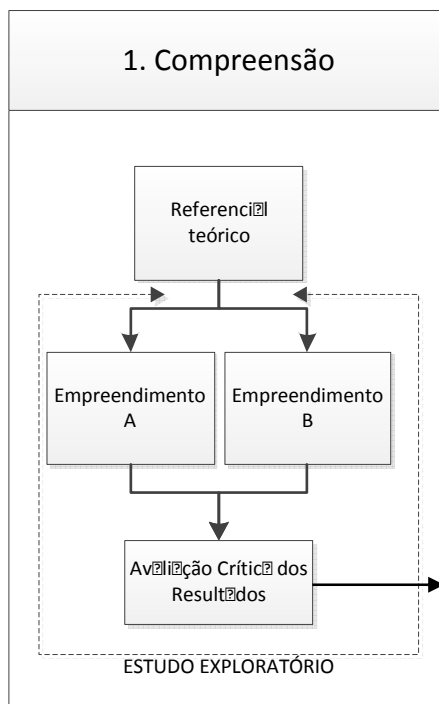
### 3.4.1. Compreensão

A fase de Compreensão teve como objetivo reunir conhecimento e informações existentes sobre gerenciamento de resíduos na construção civil, considerando a bibliografia existente e a realidade da construtora, para subsidiar a execução das outras fases da pesquisa.

A fase de compreensão contou com três processos distintos, conforme apresenta a figura 08:



Figura 8 - Fluxograma dos processos da fase de compreensão que compõem o delineamento da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

As contribuições da revisão bibliográfica foram selecionadas e sintetizadas para subsidiar e justificar as fases seguintes.

Com o Coordenador de Meio Ambiente da empresa foram identificados os documentos e registros de gerenciamento de resíduos sólidos existentes na empresa e entre seus prestadores de serviço, que poderiam servir como fonte de dados para o sistema de monitoramento e controle em desenvolvimento. Foram identificados e avaliados os seguintes documentos e registros em arquivo:

- CTR ou Controle de Transporte de Resíduos das obras A e B preenchidos nos meses de dezembro de 2012 e janeiro e fevereiro de 2013;
- Procedimentos escritos sobre gestão de resíduos da empresa;
- Resultados, guias e *templates* e *check-lists* de auditorias internas de qualidade relacionadas a gestão de resíduos;
- Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Construção Civil (PGRCC) das obras A e B;

- Cadastro e licenças ambientais de todos os transportadores e destinatários relacionados aos resíduos;
- Custos de destinação e transporte de resíduos das obras A e B;
- Custo de matéria-prima para construção junto ao departamento de compras;
- Relatórios dos prestadores de serviço terceirizados de transporte e destinação de resíduos sólidos.

Como parte das atividades de compreensão, foram visitadas as obras A e B, nas quais foram realizadas observações diretas da realidade da gestão de resíduos. A visita seguiu um protocolo elaborado para esse fim e as observações foram registradas por meio de fotografias.

Todos os dados já existentes na empresa coletados nos documentos, registro e visitas foram compilados e avaliados em forma de tabelas, gráficos e relatórios apresentando informações e interpretações possíveis de serem geradas por um sistema de monitoramento e controle.

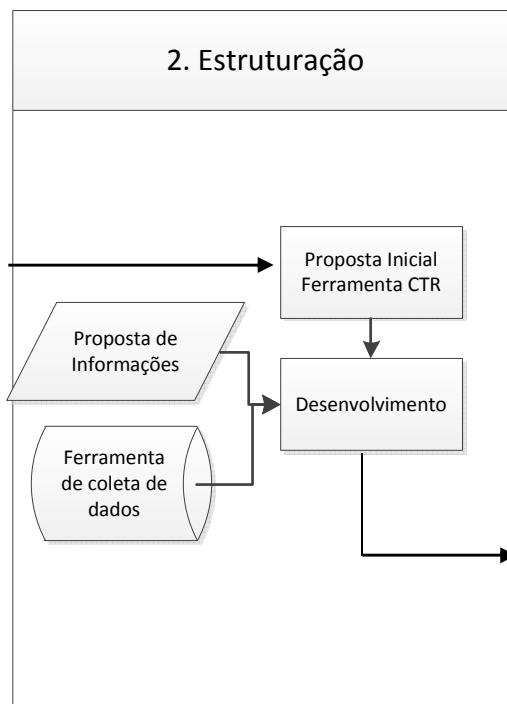
Com esses resultados foi realizada reunião com a equipe da empresa para avaliação crítica a qual também foi orientada por protocolo elaborado previamente. Por meio de entrevistas espontâneas, a reunião também serviu para fazer uma primeira avaliação sobre a interpretação da equipe da empresa sobre as informações de gerenciamento de resíduos, bem como as características que acreditavam serem necessárias em um sistema de monitoramento e controle de resíduos de construção civil.

### **3.4.2. Estruturação**

A fase de estruturação teve como objetivo desenvolver um protótipo de Sistema de Monitoramento e Controle de Resíduos Sólidos, por simplicidade, chamado neste trabalho de Sistema WM, e desenvolver um conjunto de indicadores para o monitoramento e controle da gestão de RCC.

Utilizou-se como referência para a fase de estruturação os resultados da fase de compreensão e as contribuições da revisão bibliográfica. A figura 9 apresenta o fluxograma da fase de Estruturação:

Figura 9- Fluxograma dos processos da fase de estruturação que compõem o delineamento da pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor.

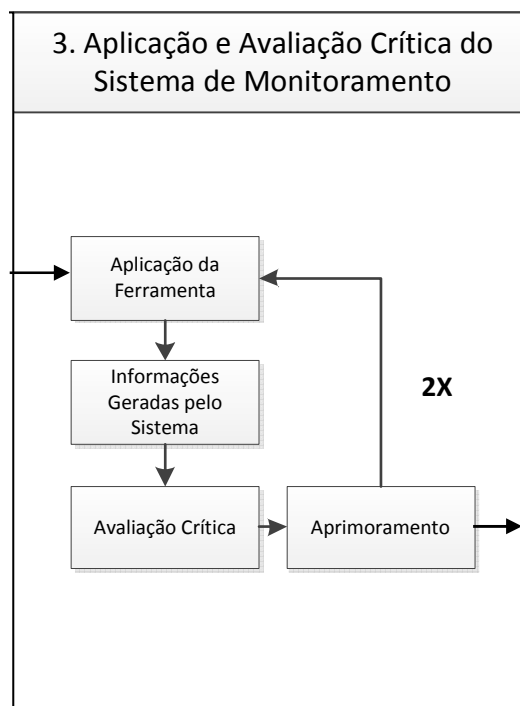
O desenvolvimento do Sistema WM foi realizado em conjunto com a empresa desenvolvedora parceira do projeto. Foram realizadas reuniões nas quais eram passados os requisitos e características necessárias do Sistema de Monitoramento e Controle de Resíduos Sólidos. Cada ferramenta criada foi testada e validada pelo pesquisador antes de ser implantada nas duas obras da construtora.

### 3.4.3. Aplicação e Avaliação Crítica do Sistema de Monitoramento

A fase de Aplicação e Avaliação Crítica teve como objetivo testar a ferramenta desenvolvida na fase de estruturação em duas rodadas cíclicas de coleta e processamento de dados, para geração de informações gerenciais e análise crítica dos resultados deste processo.

Ao longo do período de aplicação foram realizados aprimoramentos na ferramenta de coleta de dados e informações geradas pelo protótipo. A figura 10 ilustra este processo:

Figura 10 - Fluxograma dos processos da fase de Aplicação e Avaliação Crítica do sistema de monitoramento que compõem o delineamento da pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor.

A fase de Aplicação da Ferramenta consistiu em disponibilizar para todos os envolvidos no projeto acesso ao sistema por meio de login e senha, para que pudessem utilizá-lo irrestritamente.

Aos operadores do sistema foi disponibilizada a ferramenta de Controles de Transporte de Resíduos, ou CTRs Online. Para que o preenchimento fosse feito corretamente todos os operadores foram treinados em reunião específica para esse fim.

A utilização da ferramenta pelos operadores gerou automaticamente uma série de dados que foram analisados e processados para gerar informações gerenciais sobre resíduos. Essa fase correspondeu ao processo Informações Geradas pelo Sistema do fluxograma da figura 10.

A Avaliação Crítica foi feita ao longo de todo o processo de utilização da ferramenta, por meio das visitas periódicas às obras para orientação. As visitas eram realizadas a cada dez dias, aproximadamente. Durante as visitas foram coletadas observações, dificuldades e opiniões dos operadores da CTR Online sobre a utilização da ferramenta. Também foram feitas observações de aspectos operacionais do gerenciamento de resíduos. Os dados coletados nas

visitas foram registrados no banco de dados da pesquisa em forma de relatórios de visitas e registros fotográficos.

Ao final dos dois ciclos de utilização da ferramenta, foram realizadas reuniões de avaliação crítica com os engenheiros, gerente e gestor ambiental da empresa, quando foram discutidos os resultados das observações e a percepção dos operadores quanto ao uso da ferramenta.

Também foram apresentadas as informações geradas pelo sistema, com o objetivo de verificar se os indicadores e índices propostos eram compreendidos e se poderiam efetivamente ser utilizados na gestão de resíduos de construção civil da empresa.

Para cada uma das reuniões foi elaborado um protocolo específico, no qual constava o objetivo da reunião, as proposições da pesquisa a serem observadas pelo pesquisador e uma apresentação em *PowerPoint* para apresentar a síntese dos resultados e conduzir a reunião seguindo a sequência desejada. As reuniões foram registradas em arquivo de áudio digital para posteriores avaliações.

Para a primeira reunião foi convidado um auxiliar de pesquisa, mestrando do curso de Engenharia das Edificações e Saneamento, com experiência em pesquisa na área de Gestão da Construção, para que contribuísse com suas observações na coleta de evidências. Foi-lhe fornecido o protocolo para a reunião e explicados os objetivos.

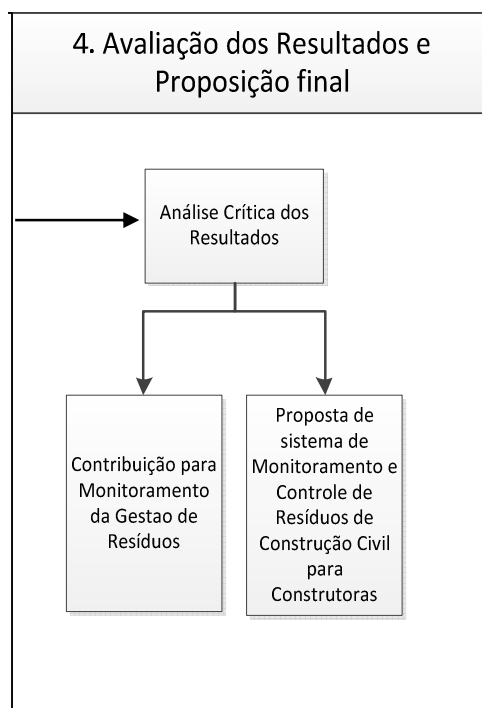
Para a segunda reunião, além de seguir o mesmo protocolo, os presentes foram convidados a escrever três pontos positivos e negativos da discussão proposta na pesquisa, quanto ao uso do protótipo e às informações geradas ou qualquer outra observação pertinente.

#### **3.4.4. Avaliação dos Resultados e Proposição Final**

A quarta fase da pesquisa, Avaliação dos Resultados e Proposição Final, teve como objetivo consolidar todos os resultados obtidos nas outras fases e traduzi-los em contribuições para o monitoramento da gestão de resíduos de construção civil, além de propor um sistema de monitoramento e controle que possa ser replicada em construtoras ou que sirva de contribuição

para integrar seus sistemas de informações gerenciais. O fluxograma da figura 11 ilustra os processos da quarta fase.

Figura 11 - Fluxograma dos processos da fase de Avaliação dos Resultados e Proposição final que compõem o delineamento da pesquisa.



Fonte: elaborado pelo autor.

A análise crítica dessa fase consistiu em uma reflexão por parte do pesquisador sobre todas as evidências coletadas, confrontadas com os resultados da revisão bibliográfica, que convergiram para os resultados finais e respostas às questões de pesquisa.

## **4. ESTUDO DE CASO**

Neste capítulo são apresentados os resultados de cada fase do processo de pesquisa, que contribuíram para os resultados finais da pesquisa.

### **4.1. Compreensão**

Os resultados da fase de compreensão apresentados são embasados em resultados de revisão bibliográfica, documentos e registros da empresa e visitas de campo.

#### **4.1.1. Avaliação de Procedimentos de Gerenciamento de Resíduos**

Três documentos diferentes foram usados para avaliar os procedimentos de gerenciamento de resíduos da construtora: Check-list Ambiental, Guia Interno de Coleta Seletiva e Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Construção Civil - PGRCC.

Essa avaliação teve como objetivo compreender o gerenciamento de resíduos da construtora para identificar processos de monitoramento e controle ou possíveis fontes de dados que pudessem ser utilizadas para a criação de um sistema de monitoramento e controle.

##### **4.1.1.1. *Check-list Ambiental***

O *Check-list Ambiental* é a ferramenta gerencial mais utilizada pela empresa para monitoramento e controle de aspectos ambientais das obras e aspectos da gestão de resíduos. São realizadas pela equipe ambiental vistorias mensais às obras e os resultados são reportados ao Gerente de engenharia e aos engenheiros residentes. Atualmente, é a ferramenta mais eficaz dentro da empresa para o monitoramento e controle da gestão de resíduos.

Com ela diferentes itens da obra são avaliados em “Conforme”, “Parcialmente Conforme” e “Não Conforme”. Ao final, é calculado o percentual de cada uma das avaliações e o resultado final é comparado a uma escala que

define qualitativamente três níveis: Ótimo (90% a 100% de conformidade), Bom (70% a 89%), Regular (0 a 69%).

Considera as seguintes categorias de avaliação: Documentos, Área externa da obra, Canteiro, Operacional e Área de Vivência. Para cada uma dessas categorias são avaliados itens específicos que dizem respeito à limpeza do local, existência de focos de dengue, presença de coleta seletiva, entre outros. Especificamente para resíduos sólidos, os seguintes tópicos são aferidos:

- ✓ Se a obra possui PGRCC com ART assinada;
- ✓ Treinamento para preenchimento de CTR;
- ✓ Treinamento para logística de caçamba;
- ✓ Lixeiras Externas;
- ✓ Qualidade das baias de segregação de resíduos;
- ✓ Presença de *bags* para a segregação dos resíduos;
- ✓ Caçamba exclusiva para madeira e gesso;
- ✓ Segregação de resíduos classe A;
- ✓ Presença de lixeiras para orgânicos;
- ✓ Realização de coleta seletiva nos escritórios;
- ✓ Armazenamento adequado de lâmpadas para descarte.

A ferramenta avalia qualitativamente aspectos pontuais da obra, considerados em um dia específico, segue uma lógica de auditoria interna e não fornece dados quantitativos. Segundo registros do histórico de avaliações das obras, nota-se claramente uma melhora da gestão ambiental após a implantação do Check-list. Na figura 12, um trecho do check-list que exemplifica seu funcionamento.

Figura 12 - Trecho de Check-list interno para avaliação ambiental das obras da construtora.

3. CANTEIRO			
3.1 BAIAS			
15	EXISTEM BAIAS	NC	Baias irregular, fora do padrão.
16	POSSUEM TELHAS METÁLICAS OU DE FIBROCIMENTO	NC	
17	POSSUEM PISO PADRÃO	NC	

Fonte: Construtora .



Para o sistema de monitoramento e controle proposto nesse trabalho, o check-list poderia ser uma ferramenta viável de ser incorporada ao sistema. Contudo, por já ser utilizada pela empresa construtora como um procedimento interno, decidiu-se não utilizá-la.

#### **4.1.1.2. Guia Interno de Coleta Seletiva**

Para difundir as melhores práticas para a gestão de resíduos, a construtora criou um Guia Interno de Coleta Seletiva, o qual tem como objetivo fornecer informações para facilitar o entendimento do processo de segregação de resíduos, transporte interno, acomodação e destinação final de resíduos e padronizar as operações e atividades de todas as obras.

Este Guia foi elaborado em forma de procedimento interno, mas não foi inserido no sistema de controle de qualidade da construtora e não é auditado pela equipe de controle de qualidade. Busca operacionalizar os critérios de gestão de resíduos do PGRCC.

O guia em momento algum faz referência aos indicadores de desempenho da gestão de resíduos, nem estabelece metas ou objetivos mensuráveis para as obras. Porém, nota-se que o Guia estabelece critérios para o preenchimento do CTR, especificando quais informações devem nele constar e quais são as responsabilidades legais da empresa quanto ao seu preenchimento.

#### **4.1.1.3. Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil**

Os PGRCC das duas obras analisadas foram elaborados por empresa de consultoria ambiental. De acordo com o escopo legal, definem critérios para a segregação dos resíduos, transporte e destinação e apresentam estimativa de geração de resíduos e lista de empresas licenciadas para as etapas do gerenciamento. Também especificam os responsáveis técnicos e as respectivas Anotações de Responsabilidade Técnica – ARTs.

Contudo, os Planos não citam ou propõem o monitoramento do gerenciamento de resíduos como ferramenta da gestão, não se referem a

indicadores de desempenho da gestão de resíduos, nem estabelecem metas ou objetivos mensuráveis para as obras.

#### **4.1.2. Avaliação das Fontes de Dados de Gerenciamento de Resíduos**

Os dados que alimentam sistemas de monitoramento e controle podem ter diversas origens. Seguindo as recomendações de MEIRELES (2010), buscou-se encontrar uma fonte de dados primários, com origem em processos administrativos, que fosse proveniente de operações já realizadas pela empresa, a fim de não criar processos novos, exclusivos para a coleta de dados de gestão de resíduos.

Fontes de dados administrativos tem a característica de serem dados “registrados sistematicamente por meio de processos administrativos” (SESI, 2010). Podem ser ordens de serviço, notas fiscais, registros internos, ou qualquer outro documento que possa trazer dados relevantes.

Diversas fontes de dados sobre gerenciamento de resíduos sólidos foram analisadas, buscando encontrar uma fonte viável para o protótipo de sistema de monitoramento e controle, como fontes de dados oriundos dos processos da própria construtora e de prestadores de serviço, como os transportadores e empresas de destinação final dos resíduos.

##### **4.1.2.1. Fonte de Dados de Empresas terceiras**

Diversas empresas prestam serviço de destinação final de resíduos, cada uma em sua área de atuação. A construtora contava com uma empresa recebedora de resíduos típicos de construção civil (classe A), responsável pelo recebimento da maior parte de seus resíduos.

Outras empresas recebem resíduos diversos, tais como madeiras, recicláveis, metais, ou, em menor quantidade, resíduos perigosos, como lâmpadas fluorescentes ou latas de tinta contaminadas. Verificou-se, assim, uma grande variedade de fontes de dados, uma vez que cada uma dessas

empresas prestadoras de serviço emite seus próprios documentos e gera seus próprios controles internos.

A fonte de dados mais relevante encontrada em empresas terceiras foi o relatório de fechamento mensal da empresa recebedora de resíduos Classe A, que trazia de forma sistematizada dados como data de recebimento, tipo de resíduo, transportador, placa do veículo, peso dos resíduos, número do CTR da empresa geradora. A figura 13 é um exemplo extraído desse relatório.

Figura 13 - relatório de fechamento mensal de recebimento de resíduos de empresa terceira de destinação de RCC.

**FECHAMENTO**

Período 01/07/2013 a 31/07/2013      Mostra Transp : S Mostra Cliente : N

O.S.	N.F.	Movtação	Placa	Residuo	P / B	TARA	P / L	Valor	Cond. Pgto	Descrição	Contrato	Ctr
281996		13/07/2013	ASG-9557	ENTULHO,CACAMBA,3MP,DEST,	15.720,00	1,00	15.719,00	33,25	515	BOLETO	174	3392
278792	063750A	02/07/2013		ENTULHO,TERRA	2,00	1,00	1,00	76,00	515	BOLETO	174	
278792	063750A	02/07/2013		ENTULHO,CACAMBA,5MP,DEST,	2,00	1,00	1,00	737,50	515	BOLETO	174	
282473		16/07/2013	AHQ-4720	ENTULHO,TERRA	12.190,00	5.980,00	6.210,00	47,50	515	BOLETO	174	3394
279656		05/07/2013	AEY-1413	ENTULHO,TERRA	21.100,00	8.230,00	12.870,00	95,00	515	BOLETO	174	3389
283991		22/07/2013	AHQ-4720	RESIDUO,GESSO	8.180,00	5.980,00	2.200,00	506,00	515	BOLETO	174	3397
283737		20/07/2013	AHQ-4720	RESIDUO,GESSO	7.810,00	5.980,00	1.830,00	420,90	515	BOLETO	174	3395
281361		11/07/2013	CDF-0846	ENTULHO,TERRA	12.390,00	5.540,00	6.850,00	47,50	515	BOLETO	174	3391
281362		11/07/2013	BKQ-1543	ENTULHO,TERRA	11.720,00	5.700,00	6.020,00	47,50	515	BOLETO	174	3390
282431		15/07/2013	AHQ-4720	ENTULHO,TERRA	12.960,00	5.980,00	6.980,00	47,50	515	BOLETO	174	3393
285253		26/07/2013	AHQ-4720	ENTULHO,TERRA	14.100,00	5.980,00	8.120,00	47,50	515	BOLETO	174	5259
286614		31/07/2013	AHQ-4720	ENTULHO,TERRA	14.150,00	5.980,00	8.170,00	47,50	515	BOLETO	174	5262
286675		31/07/2013	AHQ-4720	ENTULHO,TERRA	12.620,00	5.980,00	6.640,00	47,50	515	BOLETO	174	5263
286764		31/07/2013	AHQ-4720	ENTULHO,TERRA	13.770,00	5.980,00	7.790,00	47,50	515	BOLETO	174	5264
284434		24/07/2013	CDF-0846	ENTULHO,TERRA	13.170,00	5.540,00	7.630,00	47,50	515	BOLETO	174	5253

Fonte: empresa terceira prestadora de serviço.

O dado Peso dos Resíduos, indicado pela coluna com a sigla P/L, foi o mais relevante entre todos, já que pode ser gerado somente pela empresa recebedora dos resíduos e não pela construtora, que não possui balança adequada na obra. Trata-se de um dado aferível, mensurado com precisão por meio de uma balança, útil para monitoramento e controle de geração de resíduos.

Verificou-se também que o dado de peso é utilizado por todas as empresas recebedoras de resíduos para aferir a quantidade de resíduos gerada, mas nunca pelas obras da construtora. Outros dados gerados pelo relatório da figura 13 também estão disponíveis em documentos da construtora e, portanto, não necessitam ser coletados pela empresa prestadora de serviço.

Desta forma, considerou-se fundamental criar uma ferramenta no sistema de monitoramento e controle que pudesse agregar dados de peso, os quais são gerados pelos recebedores de resíduos.

Para as empresas transportadoras de resíduos não foi identificado nenhum tipo de documento relevante. Contudo, em Londrina, Paraná, de acordo com o Decreto Municipal nº 768 de 23 de setembro de 2009, que instituiu o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil no Município, o CTR deveria ser disponibilizado pelos transportadores de resíduos. Foi verificado que o documento, obrigatório, não era gerado pelos transportadores, mas sim pela própria construtora, conforme será apresentado no próximo item.

#### **4.1.2.2. Fonte de Dados da Construtora**

Quatro documentos foram avaliados como potenciais fontes de dados da construtora: Planilha do setor de pagamentos, Ordem de Serviço (OS), Controle de Transporte de Terra (CTT) e Controle de Transporte de Resíduos (CTR). Buscou-se considerar fontes diretamente relacionadas com processos administrativos de gerenciamento de resíduos.

A primeira fonte de dados analisada, a planilha de controle de pagamentos da empresa, traz uma série de dados de descrição de material, valor, quantidade gerada, entre outros, conforme apresenta o quadro 02.

Verificou-se que nesse controle não havia uma nomenclatura ou unidades de medida padronizadas, os relatórios são de difícil acesso para apuração de resultados, o que impossibilitaria sua utilização para um sistema de monitoramento e controle para a gestão de resíduos.

Quadro 2: Exemplo de planilha do setor de pagamentos da construtora com discriminação dos serviços relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos

Cod Ordem	Cod Mat	Descr Material	Nota	Qtd	Preço/Base	Total Líq	UM Compra
211946	104.1100	Serviço de retirada de entulho em caçambas de 5m <sup>3</sup>	Locação de equipamentos para transporte de entulhos	20	120	R\$ 2.400,00	un
219614	104.1100	Serviço de retirada de entulho em caçambas de 5m <sup>3</sup>	Locação de equipamentos p/ transporte de entulhos	12	130	R\$ 1.560,00	un
225976	130.0120	Retirada de entulho	Locação de equipamentos p/ transporte de entulhos	1	810		Vb
375792	130.0120	Retirada de entulho	Retirada de entulho - Caçamba (10 un)	10	85	R\$ 850,00	Vb
361944	130.0120	Retirada de entulho	Transporte de entulhos	6	85	R\$ 510,00	Vb
395215	130.0120	Retirada de entulho	Retirada de entulho - Caçamba (30 un) 02/03/12	30	85	R\$ 2.550,00	Vb
385775	130.0120	Retirada de entulho	Retirada de entulho - Caçamba (10 un) 05/01/12	10	85	R\$ 850,00	Vb
403781	104.1100	Serviço de retirada de entulho em caçambas de 5m <sup>3</sup>	R\$ 85,00 / CAÇAMBA	50	85	R\$ 4.250,00	un

Fonte: empresa construtora.

A segunda fonte de dados analisada foi a Ordem de Serviço, um documento emitido para a solicitação ao coordenador de meio ambiente de serviços de transporte e destinação de caçambas, emitido pelo engenheiro da obra ou o operador de resíduos, enviado por e-mail para o coordenador de meio ambiente que autoriza e solicita o despacho dos resíduos.

O documento contém informações sobre o tipo de resíduo a ser destinado e sobre a obra geradora. Não consta informação sobre a quantidade, em volume ou peso dos resíduos, ou sobre o transportador ou destinatário. É

importante para operacionalizar o despacho dos resíduos, mas pobre de dados que possam ser utilizados para a composição de informações gerenciais.

A figura 14 traz um exemplo de ordem de serviço utilizada:

Figura 14 - Exemplo de Ordem de Serviço utilizada pela construtora.

ORDEM DE SERVIÇO			OS - Rev. 00
Obra:	Data: 06/04/13	Hora: 08:00:00	
Endereço:	CNPJ:		
Eng° residente:			
Resp. pela solicitação:		Função:	
DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS A SEREM COLETADOS			
CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	CLASSE D
<input type="checkbox"/> TERRA	<input checked="" type="checkbox"/> PLÁSTICO	<input type="checkbox"/> GESSO	<input type="checkbox"/> TINTAS
<input type="checkbox"/> TIJOLOS	<input checked="" type="checkbox"/> PAPEL	<input type="checkbox"/> OUTROS	<input type="checkbox"/> SOLVENTES
<input type="checkbox"/> BLOCOS	<input checked="" type="checkbox"/> PAPELÃO		<input type="checkbox"/> ÓLEOS
<input type="checkbox"/> TELHAS	<input checked="" type="checkbox"/> METAIS		<input type="checkbox"/> OUTROS
<input type="checkbox"/> PRÉ MOLDADOS	<input type="checkbox"/> VIDROS		
<input type="checkbox"/> ARGAMASSA	<input type="checkbox"/> MADEIRA		
<input type="checkbox"/> CONCRETO	<input type="checkbox"/> OUTROS		
<input type="checkbox"/> REVES. CERÂMICO			
<input type="checkbox"/> OUTROS			

Fonte: empresa construtora.

Outro documento é Controle de Transporte de Terra - CTT, utilizado somente na fase de preparação do terreno da obra, quando há grande movimentação de terra. No CTT são inseridas informações sobre todas as caçambas geradas em um dia de trabalho de preparação do terreno. O documento facilita o trabalho de registro do transporte e destinação desse resíduo.

Por se limitar somente para o transporte específico de terra e na fase inicial da obra, é insuficiente para gerar dados de gerenciamento de resíduos que possa ser usada em um sistema de monitoramento e controle. Para a geração de resíduos de terra em outras fases da obra, é usado o documento CTR e não o CTT.

A figura 15 traz um exemplo de CTT utilizada pela construtora.

Figura 15 - Exemplo de Controle de Transporte de Terra - CTT utilizada pela construtora

CTT - CONTROLE DE TRANSPORTE DE TERRA		
Nº 001		
<b>TRANSPORTADOR</b>		
Nome/Razão Social: _____ / /		
CNPJ/CPF: _____		
Endereço: _____		
Tipo Veículo: _____ Condutor: _____ Nº Licença Ambiental: _____		
<b>RESÍDUOS</b>		
TIPO DE RESÍDUO	VOLUME M <sup>3</sup>	QTDE./CAÇAMBA
<b>GERADOR</b>		
Nome/Razão Social: _____		
CNPJ/CPF: _____		
Endereço da retirada: _____		
Obra: _____		Data: / /
<b>DESTINATÁRIO</b>		
Nome/Razão Social: _____		
CNPJ/CPF: _____		
Endereço: _____		
Destino: _____		
<b>ASSINATURAS / CARIMBOS</b>		
Transportador	Gerador	Destinatário

Fonte: empresa construtora.

A quarta potencial fonte de dados analisada foi o CTR, que é emitido em quatro vias: uma para a obra, uma para o transportador, uma para o destinatário e uma para a construtora.

É um documento obrigatório, que deve ser utilizado no transporte de resíduos de todas as obras de todas as construtoras. Deve conter informações específicas: razão social da empresa transportadora, endereço da sede, telefone, CGC, número do CTR, data da retirada da caçamba, endereço de



origem do resíduo, descrição e quantidade do resíduo, número da caçamba, placa do caminhão, nome e endereço do receptor do resíduo.

Diversos municípios utilizam a CTR como forma de controle e exigem seu preenchimento, mas os dados podem variar de empresa para empresa ou em função de exigências locais. Diversos manuais de gerenciamento de resíduos, conforme apresentado na revisão bibliográfica, indicam a CTR como uma importante ferramenta de controle da geração, transporte e destinação dos resíduos e recomendam sua utilização.

Para a construtora objeto do estudo, a CTR traz diversos dados importantes, tais como: Número da CTR, obra, volume e peso de resíduos, tipo de resíduos, dados de transporte e dados de destinação, conforme indica a figura 16.

Mesmo sendo rica em dados, ainda não atende completamente à legislação ambiental, pois não conta com dados de: razão social da empresa transportadora, endereço da sede, CNPJ, endereço de origem do resíduo, número da caçamba, endereço do receptor do resíduo.

Por ser o documento mais rico de dados sobre o gerenciamento de resíduos, amplamente utilizado no Brasil, a CTR é o documento administrativo mais apto a agregar o sistema de monitoramento e controle proposto.

Figura 16 - Exemplo de Controle de Transporte de Resíduos - CTR utilizada pela construtora

<b>EMPRESA</b>		Nº _____ / _____	
Obra/Nome:			Volume m <sup>3</sup>
Tipo de Resíduo			
<b>Classe A:</b> <input type="checkbox"/> Terra <input type="checkbox"/> Tijolos <input type="checkbox"/> Blocos <input type="checkbox"/> Telhas <input type="checkbox"/> Pré moldados <input type="checkbox"/> Argamassa <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Revest. Cerâmico <input type="checkbox"/> Outros	<b>Classe B:</b> <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Papelão <input type="checkbox"/> Metais <input type="checkbox"/> Vidros <input type="checkbox"/> Madeiras <input type="checkbox"/> Outros	<b>Classe C:</b> <input type="checkbox"/> Gesso <input type="checkbox"/> Outros	<b>Classe D:</b> <input type="checkbox"/> Tintas <input type="checkbox"/> Solventes <input type="checkbox"/> Óleos <input type="checkbox"/> Outros
Transportadora:		Veículo - Marca	Veículo - Placa
Condutor - Nome		Obra:	
Nome do Funcionário da Plaenge		Lotação	Telefone/Ramal
Nome do Funcionário da PML		Lotação	Telefone/Ramal
SAÍDA DA OBRA		CHEGADA NO ATERRO	
Data	Horário	Data	Horário
ASSINATURA			
Bruto	Tara	Líquido	
PESO (KG)			
Condutor - Transportadora		Funcionário Obra	Recepção - Aterro - P.M.L

Fonte: empresa construtora.

#### 4.1.2.3. Cadastros dos Prestadores de Serviços

Os Cadastros de Prestadores de Serviço são importantes para a construção do sistema de monitoramento e controle, pois trazem dados específicos de cada um dos prestadores de serviço da empresa. Os cadastros da construtora foram analisados em seus dados mais relevantes.

Os cadastros de terceiros, disponíveis para o coordenador de meio ambiente, estavam arquivados em pastas digitais em seu PC e no sistema corporativo da Construtora. Além de dados cadastrais como nome, razão

social, CNPJ, proprietário, entre outros, encontrou-se anexadas aos cadastros licenças ambientais das empresas prestadoras de serviço.

Os cadastros digitais, porém, não traziam nenhuma informação específica sobre as licenças ambientais, tais como, datas de vencimento, número ou condicionantes ambientais a serem cumpridas.

A legislação ambiental específica para RCC (Decreto Municipal nº 768/09 e Conama 307/02) deixa claro a obrigatoriedade dos geradores transportarem e destinarem seus resíduos para empresa licenciada por órgão ambiental competente.

Desta forma, decidiu-se incorporar ao sistema de monitoramento e controle proposto, os cadastros dos transportadores e destinatários prestadores de serviço e incorporar informações do licenciamento ambiental aos cadastros.

Especificamente, as informações de licenciamento ambiental incorporadas aos cadastros dos prestadores de serviço são: Tipo de Licença ambiental, Número, Validade e Protocolo da licença, Dados cadastrais e Condicionantes ambientais.

#### **4.1.3. Avaliação do Gerenciamento de Resíduos**

Uma vez compreendidos os princípios e procedimentos da gestão de resíduos da construtora e as fontes de dados de gestão, partiu-se para uma avaliação dos dados disponíveis e uma avaliação da gestão de resíduos nas obras.

##### **4.1.3.1. Avaliação do Gerenciamento de Resíduos por meio das Fontes de Dados Selecionadas**

O objetivo dessa avaliação foi testar o CTR e as informações cadastrais dos prestadores de serviço, como fonte de dados para o sistema de monitoramento e controle de gestão de resíduos, por meio de uma simulação em planilha eletrônica.

Foram compiladas 112 CTRs da obra A, totalizando 2236 itens; e 104 CTRs da obra B, totalizando 2013 itens analisados. O período analisado foi os meses de dezembro de 2012 e janeiro e fevereiro de 2013.

Com os dados compilados na planilha e as informações cadastrais dos transportadores e destinatários de resíduos, foram simulados os resultados possíveis de um sistema de monitoramento e controle da gestão de resíduos.

Inicialmente foi avaliado o preenchimento manual das CTRs. Verificou-se que para alguns itens específicos havia grande inconsistência de dados, que são apresentadas em resumo no quadro 03.

Verificou-se que em somente 54,87% das CTRs da obra A constava a empresa destinatária dos resíduos. Esse dado é fundamental para se certificar que o resíduo gerado será transportado para a empresa licenciada cadastrada.

A data do recebimento dos resíduos deve ser preenchida pela empresa destinatária, pois indica o tempo percorrido entre a caçamba sair da obra e chegar ao seu destino. Somente em 31% das CTRs da obra B havia a data de recebimento.

O peso dos resíduos, que indica a quantidade de resíduo gerada, é um dado fundamental para o sistema de monitoramento e controle, mas somente em 6% das CTRs da obra B constava o peso dos resíduos. Já para a obra A, em 99,12% das CTRs constava o peso dos resíduos, contudo, verificou-se que o peso declarado era uma estimativa e não o valor pesado na empresa de destino. Desse modo, observa-se que os valores de pesos de resíduos eram inconsistentes.

Para o campo de assinatura do destinatário dos resíduos 92,92% foram preenchidos na obra A e 98% na obra B. A falta da assinatura do destinatário sugere que os resíduos não foram levados ao destino final previsto, o que caracterizaria uma não conformidade legal relevante para o gerenciamento de resíduos.

Como já dito anteriormente, o Guia Interno de Coleta Seletiva descreve procedimentos específicos para o preenchimento da CTR e estabelece campos de preenchimento obrigatório. Verificou-se que não foram preenchidos 11,02% para a obra A e 29,70% para a obra B dos campos obrigatórios.

Quadro 3: Síntese de inconsistências no preenchimento das CTRs das obras A e B no período de dez/2012 a fev/2013.

<b>QUALIDADE DA COLETA DE DADOS DA CTR</b>	Obra A	Obra B
Registro da empresa recebedora	54,87%	93,00%
Data de recebimento do resíduo	97,35%	31,00%
Peso dos resíduos	99,12%	6,00%
Assinatura do destinatário	92,92%	98,00%
Campos obrigatórios sem preenchimento	11,02%	29,70%

Fonte: elaborado pelo autor.

As licenças dos prestadores de serviço de transporte e destinação foram avaliadas conforme síntese apresentada no quadro 04. Estavam cadastradas 15 empresas no sistema da construtora, das quais 60% estavam com as licenças válidas e 40% com licenças vencidas. Apesar de estarem com as licenças vencidas ainda havia autorização por parte do departamento ambiental da empresa construtora para continuarem prestando serviço.

Verificou-se que de todo o volume de resíduo transportado no período, 57,14% para a obra A e 56,52% para a obra B, foram transportados por empresas sem licença ambiental válida.

Quadro 4: Síntese de não conformidades legais referentes às licenças ambientais de prestadores de serviço no período de dez/2012 a fev/2013

<b>CONFORMIDADE LEGAL</b>	Obra A	Obra B
Licenças cadastradas válidas	60%	
Licenças cadastradas não válidas	40%	
Volume transportado sem licença	57,14%	56,52%

Fonte: elaborado pelo autor.

A CTR traz dados de volume de resíduos, informação obtida por meio do volume das caçambas e carrocerias de caminhões. Em toda a CTR gerada foi indicado o volume da caçamba e o resíduo predominante presente, conforme estabelece o Guia Interno de Coleta Seletiva.

Todos esses dados foram compilados e foram calculados os volumes de cada tipo de resíduo gerado no período e o volume total gerado por obra, conforme indica o quadro 05. Identificou-se uma grande geração de resíduos de concreto para as duas obras. Para a obra A houve também grande geração de terra, 475m<sup>3</sup>. Outros resíduos foram gerados em menor quantidade.

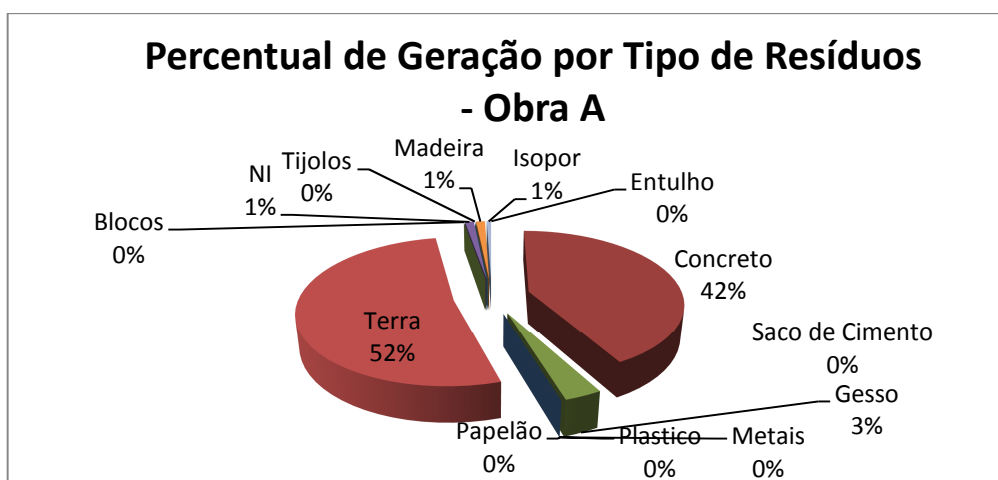
Para os resíduos recicláveis como plástico, papel, papelão e metais, não havia registro em nenhuma CTR de geração para a obra A. Já para a obra B, registrou-se a destinação em pequena quantidade desses resíduos.

Quadro 5: Relatório de volume (m<sup>3</sup>) gerado por tipo de resíduo no período de dez/2012 a fev/2013 de acordo com dados da CTR

QUANTIDADES GERADAS (m <sup>3</sup> )	Obra A	Obra B
Entulho	0,00	25,00
Concreto	383,00	255,00
Gesso	30,00	40,00
Metais	0,00	0,70
Plástico	0,00	0,50
Papelão	0,00	1,72
Saco de Cimento	0,00	12,10
Terra	475,00	115,00
Blocos	0,00	20,00
NI (não indicado)	10,00	10,00
Tijolos	0,00	5,00
Madeira	10,00	0,00
Isopor	5,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>913,00</b>	<b>485,02</b>

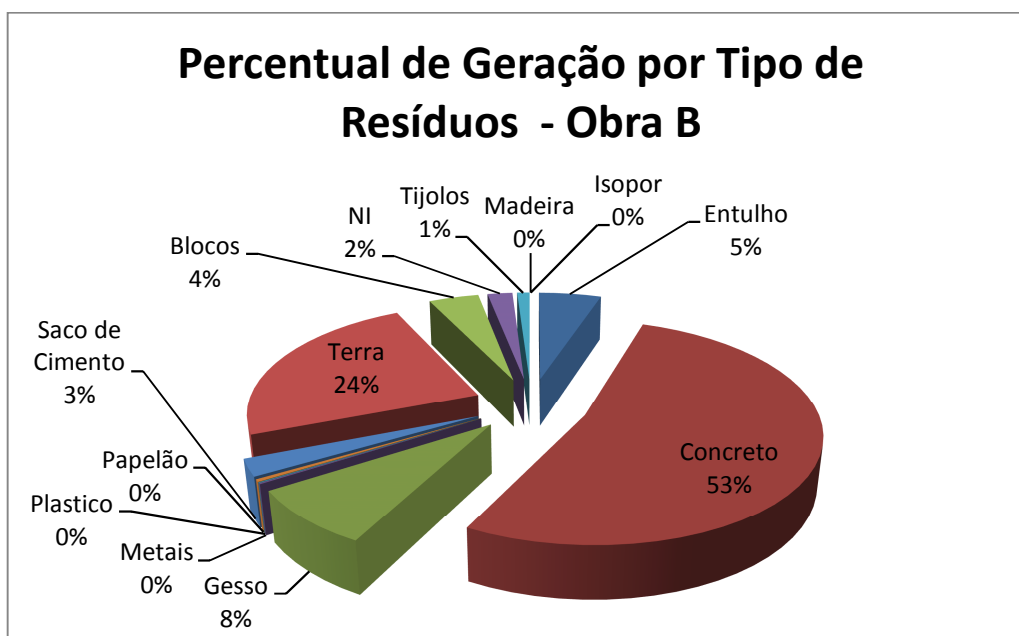
Os gráficos 1 e 2 expressam os resultados de geração de resíduos em percentual de cada tipo de resíduo gerado. Ambas as obras registraram a geração de concreto e terra em grande quantidade.

Gráfico 1 - Percentual de resíduos gerados na obra A no período entre dezembro/2012 e fevereiro/2013 de acordo com dados da CTR



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 2 - Percentual de resíduos gerados na obra B no período entre dezembro/2012 e fevereiro/2013 de acordo com dados da CTR.



Fonte: elaborado pelo autor

A partir da quantidade e tipo de resíduos declarados nas CTRs, o número de viagens realizadas para transportá-los e a empresa recebedora, estimou-se o custo do gerenciamento dos resíduos, considerando o custo da perda de matéria-prima, custo de transporte e destinação.

Para cada tipo de resíduo gerado, foi atribuído um valor de compra da matéria-prima. Por exemplo, um metro cúbico de argamassa custa à construtora cerca de R\$145,00. Assim, cada metro cúbico de argamassa descartada como resíduo significa descartar R\$145,00 de matéria-prima.

Para cada tipo de resíduo gerado foi realizada uma pesquisa em lojas, na internet e nos registros da própria construtora do valor da matéria-prima. O mesmo foi feito para o transporte e destinação dos resíduos. O resultado global desse cálculo é apresentado no quadro 06.

Nesta fase de compreensão, foi possível considerar que a maior parte do custo com o gerenciamento dos resíduos decorre do desperdício de matéria-prima, sendo a estimativa de 70% para as duas obras, com uma fração do custo bem inferior para o transporte e destinação, conforme indicam os gráficos 3 e 4.

Quadro 6: Estimativa de custo com o gerenciamento de resíduos sólidos no período entre os meses de dez/2012 e fev/2013

<b>CUSTO COM RESÍDUOS</b>	<b>Obra A</b>		<b>Obra B</b>	
Perda de Matéria Prima	R\$	66.035,00	R\$	51.981,20
Transporte	R\$	16.434,00	R\$	8.460,00
Destinação	R\$	13.338,80	R\$	13.733,00
<b>Custo total com resíduos</b>	<b>R\$</b>	<b>95.807,80</b>	<b>R\$</b>	<b>74.174,20</b>

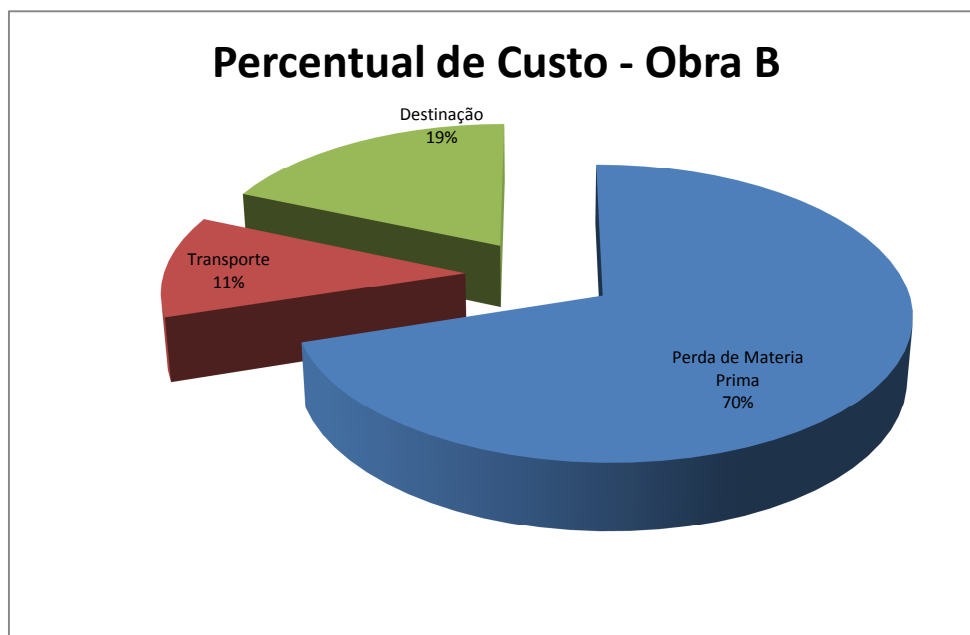
Gráfico 3 - Percentual de custo de gerenciamento de resíduos para perda de matéria prima, transporte e destinação, no período entre dez/2012 e fev/2013 de acordo com dados da CTR na Obra A.



Fonte: elaborado pelo autor.



Gráfico 4 - Percentual de custo de gerenciamento de resíduos para perda de matéria prima, transporte e destinação, no período entre dez/2012 e fev/2013 de acordo com dados da CTR na Obra B.



Fonte: elaborado pelo autor.

Seguindo o mesmo procedimento, estimou-se o valor gasto para cada tipo de resíduo declarado nas CTRs. Os valores apresentados no quadro 7 são a soma do custo do material, transporte e destinação.

Nota-se que o valor para concreto é significativo, assim como o gesso. Já para a terra, apesar de ter ocorrido grande geração deste resíduo, o custo apresentado é relativamente baixo, uma vez que foi considerado que o valor da terra como matéria-prima é zero.

Quadro 7: Custo do gerenciamento dos resíduos por tipo de resíduo, considerando a perda de matéria-prima, transporte e destinação.

<b>CUSTO POR TIPO DE RESÍDUO</b>	<b>Obra A</b>	<b>Obra B</b>
Entulho	R\$ -	R\$ 727,50
Concreto	R\$ 66.680,30	R\$ 44.395,50
Gesso	R\$ 17.940,00	R\$ 23.920,00
Metais	R\$ -	R\$ 111,20
Plástico	R\$ -	R\$ 31,00
Papelão	R\$ -	R\$ 107,50
Saco de Cimento	R\$ -	R\$ 756,50
Terra	R\$ 8.787,50	R\$ 3.162,50
Blocos	R\$ -	R\$ 550,00
NI	R\$ 180,00	R\$ 275,00
Tijolos	R\$ -	R\$ 137,50
Madeira	R\$ 180,00	R\$ -
Isopor	R\$ 2.040,00	R\$ -
<b>Custo total com resíduos</b>	<b>R\$ 95.807,80</b>	<b>R\$ 74.174,20</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

#### **4.1.3.2. Avaliação do Gerenciamento de Resíduos no Canteiro de Obras**

Na fase de compreensão também foram avaliados os canteiros de obras das obras A e B. O objetivo da visita foi conhecer a realidade do gerenciamento de resíduos e identificar aspectos que pudessem ser relevantes para o sistema de monitoramento e controle.

A visita foi acompanhada pelo coordenador de meio ambiente e foi iniciada na obra A. Verificou-se uma boa segregação dos resíduos de madeira, em caçambas de 12 e 20m<sup>3</sup>. Também foi possível observar resíduos de gesso bem segregados em tambores de 200L, conforme indica a figura 17.

Figura 17 - Caçamba de madeira e tambores de gesso – Obra A.



Fonte: elaborada pelo autor.

Em alguns locais foi observado desperdício de matéria-prima. A figura 18 mostra caixas despejadas no chão, abertas e com vazamento de material. Já na figura 19, verifica-se desperdício por conta de imperícias no transporte e armazenamento de blocos cerâmicos, gerando desperdício do material antes mesmo de ser utilizado. Também é possível observar uma grande quantidade de resíduo de argamassa bem separado.

Figura 18 - Desperdício de material obra A – aditivo de argamassa derramado pelo chão



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 19 - Desperdício de tijolo e argamassa Obra A



Fonte: elaborada pelo autor.

Os resíduos classe B, recicláveis, apresentados nas figuras 20 e 21, não estavam bem segregados apesar de haver baias para o seu acondicionamento adequado. Também foram encontrados resíduos recicláveis despejados ao longo da obra.

Vale ressaltar que na análise das CTRs, realizada no item anterior, ao longo dos três meses estudados não houve registro do descarte de materiais recicláveis, sugerindo que todo o resíduo do período ficou acumulado na obra ou tenha sido descartado sem CTR.

Figura 20 - Caçamba com diversos tipos de resíduos e baia de resíduos classe B com diversos tipos de recicláveis misturados - obra A



Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 21 – Resíduos recicláveis misturados despejados sobre o solo na Obra A.



Fonte: elaborado pelo autor.

Para a obra B foram verificadas condições semelhantes à obra A, com diversos tipos de resíduos dispersos ao longo do canteiro, sendo predominantemente resíduos Classe A. A figura 22 apresenta dois exemplos.

Figura 22: Resíduo Classe A despejado ao longo da Obra B



Também se observou o desperdício de materiais, como o gesso e, em alguns casos, mistura de diversos tipos de resíduos, conforme apresentam as imagens da figura 23.

Figura 23: Resíduo de gesso e resíduos diversos misturados – Obra B



Resíduos Classe D como latas de tinta e resíduos classe B estavam bem segregados em local apropriado. As baias para resíduo classe B estavam com excesso de resíduos, conforme figura 24.

Figura 24 –Resíduos Classe D segregados e baias de resíduos Classe B com papelão e plásticos



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.4. Reunião de Avaliação Crítica da Fase de Compreensão

A reunião de avaliação crítica da fase de compreensão teve como objetivo discutir os resultados da fase de compreensão, criar um consenso entre os participantes do projeto sobre as ferramentas do software que deveriam ser criadas e coletar requisitos dos usuários do sistema.

O documento CTR foi apresentado como o mais viável para ser incorporado ao sistema. Os diversos resultados possíveis de serem gerados

pelo sistema (já apresentados em 4.1.3) foram discutidos e compreendidos pela equipe.

Houve a percepção de todos de que os custos envolvidos na gestão de resíduos estavam acima das expectativas. Ao mesmo tempo, percebeu-se a oportunidade de reduzir a geração de resíduos, pois grande parte representa desperdício de material, um custo direto da empresa não efetivamente gerenciado.

As não conformidades legais apresentadas também estavam acima das expectativas e houve a percepção de que não são gerenciadas, podendo trazer riscos reais à imagem da empresa.

Quanto à qualidade das informações geradas sobre volume e custos dos resíduos, ficou claro que se tratava de estimativas baseadas em informações das CTR e que, portanto, estariam erradas caso o preenchimento não estivesse sendo feito corretamente.

Notou-se que a grande quantidade de concreto declarada na CTR era, de fato, um erro de classificação dos resíduos por parte do operador responsável pelo preenchimento da CTR, que não sabia distinguir entre argamassa e concreto. Essa informação era fundamental, posto que a diferença de custo entre os dois materiais é significativa.

Sobre o preenchimento das CTRs, foi discutido o fato de ser preenchido na CTR somente um tipo de resíduo, aquele predominante dentro da caçamba, ignorando todos os outros. Essa forma de preenchimento impede o registro e avaliação da qualidade da segregação na fonte dos resíduos, prejudicando a avaliação de custos - desperdício de matéria prima - e não conformidades legais.

Debateu-se o fato de a obra A não ter declarado a geração de resíduo reciclável no período. Devido à má segregação dos resíduos, a empresa terceirizada para a coleta e reciclagem desses resíduos não realizou a coleta na obra A durante todo o período de dezembro de 2012 a fevereiro de 2013.

Como resultado final da avaliação crítica da fase de compreensão foram elencados os requisitos do sistema de monitoramento que pudessem se adequar à realidade operacional da empresa e gerar informações gerenciais relevantes para a gestão de RCC.

Os requisitos levantados foram:

- ✓ A CTR pode ser incorporada ao sistema informatizado de monitoramento e controle da gestão de resíduos, por ser um documento de requisito legal, desde que não gere nenhum trabalho extra para os operadores e seja preenchida por funcionário treinado;
- ✓ Deve ser simples o suficiente para ser operado por funcionários com baixa instrução, não proficientes em informática;
- ✓ O sistema deve permitir a avaliação da gestão de resíduos em tempo real com base em informações de custos, quantidade, qualidade da segregação na fonte e conformidade legal;
- ✓ Os resultados devem ser disponibilizados para cada interessado, segundo sua autoridade e interesse, ou seja, nem todos os dados devem estar disponíveis para todos;
- ✓ O sistema deverá ser capaz de incorporar metas de redução da geração de resíduos, redução de custos e de qualidade de segregação na fonte;
- ✓ Deve haver uma forma de assegurar o recebimento dos resíduos pelo destinatário escolhido, inibindo o desvio de cargas para locais não licenciados;
- ✓ Resíduos de concreto e argamassa são confundidos, fato que pode gerar grande discrepância na avaliação dos resultados, sobretudo de custo, tendo em vista que o concreto é mais caro do que a argamassa. Por ter considerado pouco provável uma perda tão significativa de concreto, optou-se por considerar o valor de compra da argamassa para o concreto;
- ✓ Os indicadores devem levar em consideração a quantidade gerada, custos, qualidade da separação dos resíduos e aspectos legais.

#### **4.2. Estruturação**

Os resultados da fase de compreensão e as contribuições da revisão bibliográfica foram utilizados para a construção do protótipo de sistema informatizado de monitoramento e controle da gestão de resíduos e de um conjunto de indicadores que pudessem ser gerados pelo sistema.



Ao sistema de monitoramento foi dado o nome de Sistema WM, o qual será utilizado ao longo da dissertação.

#### **4.2.1. Sistema WM**

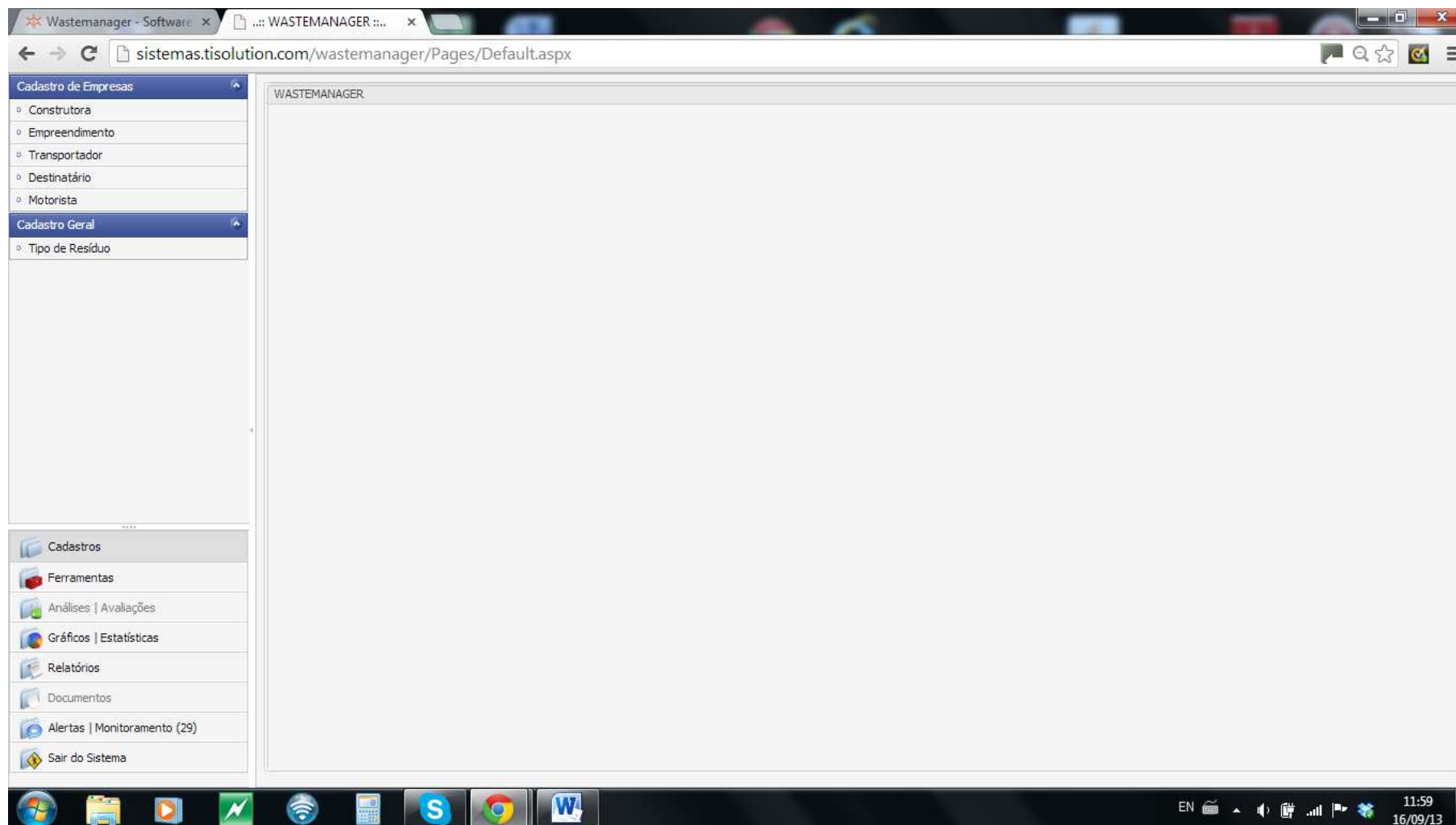
O Sistema WM é um software que não requer instalação em nenhum computador e pode ser acessado por meio de qualquer aparelho (PC, tablet, ou smartphone) conectado à internet. Para a impressão de documentos, precisa contar com uma impressora conectada ao computador. Dessa forma, poderá ser utilizado em sua totalidade na obra.

As aplicações desenvolvidas para o Sistema WM foram:

- ✓ **Cadastros**
- ✓ **Ferramentas**
- ✓ **Gráficos/Estatística**
- ✓ **Relatórios**
- ✓ **Alertas/monitoramento**

A figura 25 apresenta a página inicial do Sistema WM com as aplicações em seu canto esquerdo inferior.

Figura 25 - Página inicial do Sistema WM desenvolvido neste trabalho.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.1.1. Cadastros do Sistema WM

Na fase de compreensão, verificou-se que informações sobre os diferentes atores da gestão de resíduos são importantes para gerar informações de quantidade, custos e não conformidades.

O Sistema WM permite reunir essas informações em cadastros para: Construtora, Empreendimento, Transportador, Destinatário, Motorista e tipo de resíduos. A figura 26 apresenta a janela de cadastros do Sistema WM.

Figura 26 - Janela de Cadastros de empresas e resíduos do sistema WM



Fonte: elaborado pelo autor.

A definição de atributos para cada tipo de fornecedor (transportador e destinatário) e de resíduos gerados permite ao Sistema WM gerar informações relevantes de gerenciamento de resíduos.

Para os transportadores e destinatários, foram especificados os tipos de resíduos autorizados a manejar em função das condicionantes de suas licenças ambientais. Por exemplo, a empresa que é autorizada a receber madeira. A figura 27 apresenta a janela para definição de atributos de transporte e destinação de resíduos:

Figura 27 - Janela para definição de atributos de transporte e destinação de resíduos em função do licenciamento ambiental – à direita apresentam-se as atividades e resíduos atribuídos ao cadastro.

**Tipo de Atividade:**

Atividades Disponíveis	
<input type="checkbox"/>	Aterro de resíduos classe IIA e IIB
<input type="checkbox"/>	Trituração de Resíduos Classe A
<input type="checkbox"/>	Triagem de resíduos Classe B, ou recicláveis
<input type="checkbox"/>	Aterro de resíduos Classe I (perigosos)
<input type="checkbox"/>	Reciclagem de resíduos Classe D
<input type="checkbox"/>	Transbordo de Resíduos
<input type="checkbox"/>	Reciclagem de eletrônicos
<input type="checkbox"/>	Processamento de Madeira

**Atividades Selecionadas:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos
<input checked="" type="checkbox"/>	Transporte de Resíduos de Construção Civil

**Tipo de Resíduo:**

Classe	Resíduos Disponíveis
<input type="checkbox"/>	A Pavimento Asfáltico
<input type="checkbox"/>	A Pré-moldados
<input type="checkbox"/>	A Revestimento Cerâmico
<input type="checkbox"/>	A Rochas/Pedras
<input type="checkbox"/>	A Telhas de Barro
<input type="checkbox"/>	A Terra/Solo
<input type="checkbox"/>	A Tijolo

**Resíduos Selecionados:**

Classe	Resíduos Selecionados
<input checked="" type="checkbox"/>	A Concreto Armado
<input checked="" type="checkbox"/>	A Concreto
<input checked="" type="checkbox"/>	A Cascalho
<input checked="" type="checkbox"/>	A Blocos
<input checked="" type="checkbox"/>	A Argamassa

Fonte: elaborado pelo autor.

No cadastro dos transportadores e destinatários foram registrados dados sobre as licenças ambientais, com informações como protocolo, data de validade, cópia em anexo, número e observações (figura 28).

Figura 28 - Janela para cadastro da licença ambiental de transportadores e destinatários de resíduos.

**Licença**

Tipo:  Órgão Ambiental:

Nº:  Protocolo:

Validade:  Observação:

Selecione um Arquivo:  Browse...

Arquivo: Escolha um arquivo pdf

Tipo de Licença	Nº	Protocolo	Validade	Órgão Ambiental	PDF
No data to display					

Fonte: elaborado pelo autor.

Cada tipo de resíduo gerado também deve ser cadastrado no Sistema WM e receber atributos que serão utilizados para a apresentação de informações de gerenciamento de resíduos.

Para cada resíduo cadastrado foi estabelecida a sua classe nos termos da Resolução CONAMA nº307/2002, o custo da matéria-prima, custo do transporte e destinação, densidade aparente e tipo de segregação, conforme apresenta a figura 29.

Os custos foram definidos com base em registros de compras da construtora e, quando os dados não estavam disponíveis, com base em preços de mercado pesquisados na internet e ligações telefônicas aos fornecedores. Todos os custos de matéria-prima e destinação foram convertidos em unidades de volume (m<sup>3</sup> ou litros). Para cada resíduo foi atribuído um valor de densidade aparente estabelecida com base em referenciais bibliográficos.

Por conta da variabilidade dos valores de custo de matéria-prima, volume estimado e densidade aparente, foram escolhidos os valores mais conservadores para esses atributos.

Figura 29 - Cadastro de Resíduos do Sistema WM – cadastro da argamassa (direita), cadastro de gesso (esquerda).

Classe:	A		Classe:	B	
Nome do Resíduo:	Argamassa		Nome do Resíduo:	Gesso	
Custo Matéria-prima:	145,00	m <sup>3</sup>	Custo Matéria-prima:	290,00	Tonelada
Custo Transporte:	100,00	Caçamba	Custo Transporte:	100,00	Caçamba
Custo Destinação:	9,50	m <sup>3</sup>	Custo Destinação:	265,00	m <sup>3</sup>
Densidade:	1,80	t/m <sup>3</sup>	Densidade:	0,90	t/m <sup>3</sup>
Tipo de Segregação:	+ Classe		Tipo de Segregação:	+ Recipiente Especifico	
Atualizado em:	08/09/2013 11:14/18		Atualizado em:	08/09/2013 11:15/24	
<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>			<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>		

Fonte: elaborado pelo autor.

O último campo do cadastro dos resíduos é uma classificação do Tipo de Segregação esperada para aquele resíduo cadastrado. Cada tipo de resíduo deve ser segregado com um determinado critério ou rigor, em função de suas características para reciclagem, custo, ou periculosidade.

Atribuir ao resíduo um critério para sua segregação permite ao Sistema WM verificar se está ou não misturado dentro de uma caçamba com outros resíduos incompatíveis. Por exemplo, é necessário que resíduos de amianto sejam segregados em recipiente específico e destinados para empresas especializadas. Se o resíduo estiver misturado com argamassa, o gerador, responsável pelos resíduos, responde legalmente pela destinação para empresa não licenciada e ainda pode ter que pagar mais caro para a destinação e segregação desses resíduos. A empresa recebedora encarece o valor da destinação de resíduos misturados, uma vez que segrega-los exige maior esforço e conseqüentemente maior custo.

Ao definir o atributo, Tipo de Segregação, define-se como o resíduo deve ser segregado. Cabe ao gestor ambiental da construtora definir critérios, com base na legislação e levando em conta a viabilidade econômica do gerenciamento de resíduos.

Para os resíduos cadastrados no projeto de pesquisa, foram definidos os seguintes atributos para o Tipo de Segregação:

- ✓ **Classe:** resíduo pode estar misturado com outros resíduos da mesma classe. Ex: argamassa, concreto e tijolo.
- ✓ **Recipiente específico:** deve haver um recipiente específico para esse resíduo, que não pode estar misturado com nenhum outro tipo de resíduo;
- ✓ **Metais em geral:** Resíduos metálicos. Ex: alumínio, ferro, aço;
- ✓ **Resíduos Verdes:** ex: galhos, folhas, madeira;
- ✓ **Recicláveis e aparas em geral:** resíduos que são destinados para empresa especializada em triagem e venda de recicláveis como papel, plástico, papelão, entre outros;
- ✓ **Rejeitos Inertes:** resíduos que deverão ser destinados para aterro de construção civil.

A figura 30 apresenta a janela que permite atribuir ao resíduo um critério de segregação.

Figura 30 - Campo para definição de atributos de Tipo de Segregação de Resíduos no Cadastro de Resíduos.

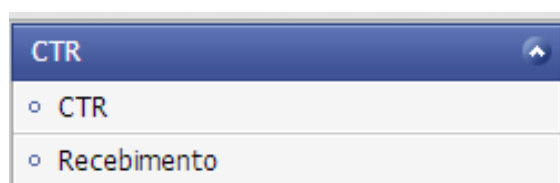
Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.1.2. Ferramentas

Entende-se por ferramenta uma aplicação do sistema usada em uma atividade operacional rotineira, capaz de coletar dados que serão compilados em informações gerenciais.

Sempre com base nos resultados da fase de compreensão, foram criadas duas Ferramentas do sistema: CTR e Recebimento, apresentadas no Sistema WM conforme a figura 31:

Figura 31 - Ferramentas do Sistema WM: CTR e Recebimento.



Fonte: elaborado pelo autor.

O preenchimento online da CTR foi definido buscando a maior simplicidade e rapidez possível, a procura de atender ao requisito estabelecido pela equipe da empresa construtora de não gerar trabalho extra aos operadores de resíduos. Também foi pensado para ser operado por pessoas de baixa instrução, não proficientes em informática.

Assim, ao clicar na ferramenta CTR, o sistema gera automaticamente um número de identificação e registra a hora e data (figura 32, item 1). Cabe ao operador especificar o empreendimento (obra), destinatário e transportador, usando como referência somente o nome, sem inserir dados cadastrais (figura 32, item 2).

Atendendo ao requisito levantado na fase de compreensão, que apontou a necessidade e interesse dos gestores em avaliar a segregação na fonte dos resíduos, foi criado o campo “Segregação” para o preenchimento da CTR. Esse campo prevê uma avaliação qualitativa da segregação dos resíduos em três avaliações: Boa, Regular, Ruim (figura 32, item 3).

A avaliação da segregação deve ser realizada antes do preenchimento online da CTR pelo operador de resíduos sólidos. Consiste em uma avaliação visual do conteúdo da caçamba ou recipiente no qual os resíduos estão inseridos. O critério estabelecido para cada tipo de segregação é:

- ✓ **Segregação Boa:** todos os resíduos dentro da caçamba pertencem ao mesmo “tipo de segregação”.
- ✓ **Segregação Regular:** dentro da caçamba é possível distinguir a presença de um resíduo dominante e a presença em menor quantidade de resíduos atribuídos com outro “tipo de segregação”
- ✓ **Segregação Ruim:** Não é possível distinguir dentro da caçamba um resíduo predominante, por conta do alto nível de mistura, ou há resíduo perigoso, em qualquer quantidade.

Continuando o preenchimento da CTR, após completar o campo de “Segregação”, o operador deve inserir inicialmente o campo “Resíduo predominante” e em seguida “Outros tipos de resíduos” (figura 32, item 4). Dessa forma, é possível adicionar à CTR todos os resíduos eventualmente presentes dentro da caçamba, o que não era possível anteriormente.

Para concluir o preenchimento online da CTR, o operador deve selecionar no campo “Transporte”, a placa cadastrada no sistema do caminhão que está transportando os resíduos, inserir o número da caçamba e o volume da caçamba (figura 32, item 5)

Com todos os campos preenchidos, basta clicar em salvar e imprimir para que o sistema insira todos os dados no banco de dados e gere um CTR



físico, que pode ser levado pelo transportador e entregue ao destinatário dos resíduos (figura 32, item 6).

As figuras 32 e 33 apresentam, respectivamente, os campos de preenchimento online da CTR e um exemplo de CTR impressa.

Figura 32 - Campos de preenchimento online do Controle de Transporte de Resíduos Sólidos do Sistema WM.

The screenshot shows the 'WASTEMANAGER - Controle de Transporte de Resíduos' interface. It includes the following elements:

- 1 – Campos de preenchimento automático:** Fields for 'Nº da CTR' (0), 'Data' (17/09/2013), and 'Hora de Saída' (00:09).
- 2 – campo com fornecedores e obras cadastradas:** A dropdown menu for 'Empreendimento'.
- 3 – Avaliação qualitativa da segregação dos resíduos:** Dropdown menus for 'Destinatário', 'Transportador', and 'Segregação'.
- 4 – Campos para registro dos resíduos presentes dentro da caçamba:** A section for 'Tipo de Resíduo' with a dropdown and a radio button for 'Outros Resíduos', and another section for 'Outros Tipos de Resíduos Dentro da Caçamba' with a dropdown and an 'Adicionar' button.
- 5 – Campos para inserção de dados de transporte dos resíduos:** A section for 'Identificação do Transporte' with dropdowns for 'Transporte', 'Nº da Caçamba' (0), and 'Volume da Carga(m³)'.
- 6 – Conclusão:** Buttons for 'Salvar/Imprimir', 'Salvar', and 'Cancelar'.

At the bottom of the form, there is a table with the following structure:

Classe	Resíduo

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 33 - Exemplo de Controle de Transporte de Resíduos impresso pelo Sistema WM.

<b>Controle de Transporte de Resíduos</b>				
Data 28/08/2013		Hora de Saída da Carga 10:56		Nº da CTR 5.225
<b>1.0) Identificação do Destinatário</b>				
Nome/Razão Social			CNPJ	
Endereço			Licença de Operação(IAP)	Validade da Licença
Nº	Bairro		Cidade/Estado	
CEP			Telefone	
<b>2.0) Identificação do Transportador</b>				
Nome/Razão Social			CNPJ	
Endereço			Licença de Operação(IAP)	Validade da Licença
Nº	Bairro		Cidade/Estado	
CEP			Telefone	
<b>2.1) Dados do Transporte</b>				
Motorista		Placa	Nº da Caçamba 0	Tara do Caminhão(kg) 0
Volume da Carga(m³)		Peso da Carga		Hora da Chegada
<b>3.0) Identificação do Gerador</b>				
Nome/Razão Social				
CPF/CNPJ			RG/Inscrição Estadual	
<b>3.1) Dados da Obra</b>				
Nome da Obra			Engenheiro Responsável	
Endereço			Operador de Resíduos	
Nº	Bairro		Cidade/Estado	
CEP			Telefone	
<b>4.0) Resíduo Predominante Dentro da Caçamba (Classificação Resolução 307/2002 CONAMA)</b>				
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Não RCC
Argamassa				
<b>4.1) Outros Resíduos Dentro da Caçamba</b>				
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Não RCC
Concreto				
Tijolo				
Revestimento Cerâmico				
Assinatura do Gerador e/ou Responsável		Transportador		Destinatário

1ª Via Destinatário 2ª Via Gerador 3ª Via Transportador 4ª Via Órgão Ambiental

Fonte: elaborado pelo autor.

A segunda ferramenta desenvolvida foi a de Recebimento, que tem como utilidade acusar o recebimento da carga de resíduos pelo destinatário. Deve ser acessada pela empresa recebedora dos resíduos.

Assim como a CTR, a ferramenta Recebimento pode ser acessada em qualquer computador com conexão a internet. O destinatário acessa o sistema e clica sobre o número da CTR que acompanha os resíduos. Automaticamente registra-se a hora e data de acesso (figura 34, item 1). Cabe ao destinatário inserir o peso dos resíduos recebidos e clicar em salvar (figura 34, item 2).

Essa ferramenta permite coletar o peso (Kg) dos resíduos, um dado não disponível nas obras por falta de instrumento de medição (balança). Também permite confrontar a hora de retirada da caçamba da obra e a hora de chegada ao destino uma vez que tempos muito longos entre retirada e chegada podem sugerir desvio ou adulteração da caçamba.

Dessa forma, buscou-se aumentar o controle sobre o destino dos resíduos, de forma a atender mais um requisito levantado durante a fase de compreensão. A figura 34 apresenta a janela da ferramenta Recebimento.

Figura 34 - Campos de preenchimento online da ferramenta “Recebimento”.

A imagem mostra a janela de software 'Recebimento' com os seguintes campos e elementos:

- CTR: 3.617
- Recebido:
- Data Chegada: 29/08/2013
- Hora Chegada: 00:00
- Peso(kg): 0
- Botões: Salvar, Cancelar

Dois retângulos azuis apontam para os campos de entrada:

- 1 – Campos de preenchimento automático (aponta para Data Chegada e Hora Chegada)
- 2 – Preenchimento manual do peso pelo destinatário (aponta para o campo Peso(kg))

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.1.3. Gráficos/estatísticas e Relatórios

O uso das ferramentas CTR e Recebimento geram os dados necessários para calcular e desenvolver as informações de gerenciamento de resíduos sólidos, como Dados agregados, Indicadores e Índices.

Já na fase de estruturação, foram desenvolvidas ferramentas para visualização das informações de gestão de resíduos que seriam geradas pelo sistema.

O campo Tipo de Relatório permite visualizar os resultados da construtora como um todo, de um empreendimento específico, ou realizar um comparativo entre os empreendimentos, conforme figura 35.

Figura 35 - Janela para gerar gráficos e relatórios de gerenciamento de resíduos – definição do Tipo de Relatório



Fonte: elaborado pelo autor.

Uma vez selecionado o Tipo de Relatório, é possível escolher um relatório expresso em custo, volume, massa ou percentual de resíduos. Selecionam-se os empreendimentos que devem ser analisados e o período de avaliação desejado. Clicando em Gerar Gráfico ou Gerar Relatório, as informações de gerenciamento de resíduos são geradas automaticamente.

A figura 36 apresenta um exemplo de janela para gerar relatórios de gerenciamento de resíduos.

Figura 36 - Janela para gerar gráficos e relatórios de gerenciamento de resíduos– Exemplo genérico Alertas/Monitoramento

The screenshot shows a software window with the following elements:

- Tipo de Relatório:** A dropdown menu currently showing 'Empreendimento'.
- Valor:** Two radio buttons, one selected for 'R\$' and one for '%'.
- Empreendimento:** A text input field.
- Data de Início:** A date selection field.
- Data de Término:** A date selection field.
- Gerar Gráfico:** A button to generate a chart.
- Calendar:** A calendar for 'setembro de 2013'. The days of the week are listed as 'dom', 'seg', 'ter', 'qua', 'qui', 'sex', 'sáb'. The dates 1 through 30 are visible, with the 17th highlighted in a blue box.
- Buttons:** 'Today' and 'Clear' buttons are located at the bottom of the calendar.

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nos dados gerados pelas ferramentas CTR/Recebimento e nos cadastros do sistema, foi criada a aplicação para Alertas e Monitoramento.

Sua utilidade é indicar, em tempo real, eventos na gestão de resíduos que não estão conformes com aspectos legais ou com os critérios de gerenciamento de resíduos estabelecidos pela empresa.

É possível cadastrar diversos critérios para caracterizar não conformidades, em função dos objetivos da empresa ou critérios estabelecidos pelo gestor ambiental.

Os alertas cadastrados no sistema foram:

- ✓ Incompatibilidade entre resíduo dentro da caçamba e a licença ambiental da atividade do transportador ou destinatário;
- ✓ Alerta de vencimento de licença ambiental dos fornecedores.

A figura 37 apresenta a janela do sistema que permite visualizar as não conformidades.

Figura 37 - Janela do Sistema WM que permite visualizar as não conformidades de gerenciamento de resíduos.

<input type="checkbox"/>	Tipo de Alerta	Cadastro de	Identificação	Data do Alerta
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Plástico Filme	<b>Transportador:</b> Nome da empresa	<b>Nº da CTR:</b> 154	05/11/2013 12:41:05
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Papel	<b>Transportador:</b> Nome da empresa	<b>Nº da CTR:</b> 154	05/11/2013 12:41:05
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Gesso	<b>Transportador:</b> Nome da empresa	<b>Nº da CTR:</b> 92	24/10/2013 08:11:07
<input checked="" type="checkbox"/>	120 dias antes do vencimento da licença	<b>Destinatário:</b> Nome da empresa	<b>Nº da Licença:</b> 15321	23/10/2013 09:36:20
<input checked="" type="checkbox"/>	120 dias antes do vencimento da licença	<b>Destinatário:</b> Nome da empresa	<b>Nº da Licença:</b> 15321	23/10/2013 09:36:20
<input checked="" type="checkbox"/>	30 dias antes do vencimento da licença	<b>Destinatário:</b> Nome da empresa	<b>Nº da Licença:</b> 24667	10/09/2013 08:01:31
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Gesso	<b>Transportador:</b> Nome da empresa	<b>Nº da CTR:</b> 5267	05/09/2013 21:08:58
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Gesso	<b>Transportador:</b> Nome da empresa	<b>Nº da CTR:</b> 3397	05/09/2013 21:08:30
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Gesso	<b>Transportador:</b> Nome da empresa	<b>Nº da CTR:</b> 3395	05/09/2013 21:08:05
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Gesso	<b>Transportador:</b> Nome da empresa	<b>Nº da CTR:</b> 3379	05/09/2013 21:07:03

Page 1 of 4 (31 items) < Prev **1** 2 3 4 Next >

Fonte: elaborado pelo autor.

## 4.2.2. Indicadores do Sistema WM

Foram estabelecidas três categorias de indicadores e um índice geral para avaliação do gerenciamento dos resíduos. A escolha dos indicadores foi feita com base nas contribuições da fase de compreensão e da revisão bibliográfica apresentadas nos capítulos anteriores.

O ponto de partida para a construção dos indicadores é coletar dados, que, neste trabalho, são coletados por meio da ferramenta CTR do Sistema WM. Em um segundo momento, esses dados são agregados para gerar informações que podem ser posteriormente traduzidas em indicadores e índices.

Neste capítulo, são apresentados os dados agregados, os indicadores e índices utilizados.

### 4.2.2.1. Indicadores de geração

Inicialmente é necessário conhecer as quantidades geradas em massa e volume. Estão disponíveis dois tipos de dados agregados, conforme segue:

- ✓ **Volume de Resíduo Gerado:** soma do volume de todos os resíduos gerados em um determinado período. Também pode ser calculado para cada tipo de resíduo declarado como predominante dentro da caçamba. É expresso em m<sup>3</sup>;
  
- ✓ **Massa de Resíduo Gerado:** soma da massa de todos os resíduos gerados em um determinado período. Também pode ser calculado para cada tipo de resíduo declarado como predominante dentro da caçamba. É expresso em Quilos (kg).  
Pode ser calculado com base nos valores de peso inseridos na ferramenta Recebimento ou podem ser estimado com base na densidade aparente dos resíduos, caso não seja possível pesá-los na empresa recebedora.

Com os dados agregados em mãos parte-se para o cálculo do indicador de geração de resíduos.

- ✓ **Altura dos Resíduos (cm):** é um indicador de geração que relaciona o volume gerado pela área total construída, ou  $m^3(\text{gerado})/m^2(\text{construído})$ . Permite uma comparação parametrizada da geração de resíduos de diferentes empreendimentos. É expresso em **centímetros (cm)**

Equação 1: Cálculo do Indicador de Altura dos Resíduos

$$\text{Altura dos Resíduos (cm)} = \frac{\text{Volume de resíduos (m}^3\text{)}}{\text{Área Construída (m}^2\text{)}} \times 100$$

#### 4.2.2.2. Indicadores de custo

Com os dados agregados de massa e volume de resíduos gerados, relacionados com as informações cadastrais dos resíduos inseridos no sistema é possível calcular os custos de cada fase do gerenciamento dos resíduos. Os dados agregados de custos são:

- ✓ **Custo da matéria-prima:** é o produto entre o custo cadastrado da matéria-prima que se tornou resíduo e a quantidade gerada. Considera somente o resíduo predominante dentro da caçamba, que foi selecionado no momento do preenchimento da CTR. É uma estimativa do custo do desperdício de material de construção.
- ✓ **Custo do transporte:** é o produto entre a quantidade de resíduo gerado e o custo de transporte da deste resíduo. Resíduos com requisitos específicos de transporte, com custo diferenciado, também são considerados neste cálculo. O resultado é o custo real do transporte dos resíduos.
- ✓ **Custo da destinação:** é o produto entre a quantidade de resíduo gerado e o custo de destinação deste resíduo. Resíduos com requisitos



específicos de destinação, com custo diferenciado, também são considerados neste cálculo. O resultado é o custo real da destinação dos resíduos.

- ✓ **Custo total do Gerenciamento dos Resíduos:** é a soma dos custos de desperdício de matéria-prima, transporte e destinação final dos resíduos.

Com base nos dados agregados de custo, parte-se para a construção dos indicadores de custo:

- ✓ **Custo por volume:** é a razão entre o custo total do gerenciamento dos resíduos e o volume total de resíduos gerado. É expresso em **R\$/m<sup>3</sup>**
- ✓ **Custo por metro quadrado construído:** é a razão entre o custo total do gerenciamento dos resíduos e a área total construída. Permite uma comparação parametrizada da geração de resíduos de diferentes empreendimentos. É expresso em **R\$/m<sup>2</sup>**.

#### 4.2.2.3. Indicadores de segregação dos resíduos

Como especificado na descrição do preenchimento online da CTR no capítulo sobre o uso das Ferramentas (4.2.1.2.) do Sistema WM, para toda a caçamba retirada da obra deve ser feita uma avaliação qualitativa da segregação. As avaliações das caçambas são agregadas em um conjunto de dados transformados em um indicador da qualidade da segregação.

- ✓ **Qualidade da segregação:** é o número total de caçambas avaliadas com um nível de qualidade da segregação Bom, Regular ou Ruim.
- ✓ **Indicador de qualidade da segregação (IQS):** é atribuído um valor numérico para cada tipo de avaliação possível, sendo 3 para Bom, 2 para Regular e 1 para Ruim. O indicador é a média ponderada de todas

as avaliações realizadas em um período, considerando o valor numérico de cada tipo de avaliação. A equação 01 apresenta o cálculo do IQS. O resultado final é adimensional, sendo que os valores mais próximos de três (3) indicam uma melhor segregação dos resíduos, enquanto valores mais próximos de um (1) indicam pior segregação dos resíduos.

Equação 2: Cálculo do Indicador de Qualidade da Segregação

$$IQS = \frac{(3 \times \sum Bom) + (2 \times \sum Médio) + (1 \times \sum Ruim)}{\sum Bom + \sum Médio + \sum Ruim}$$

#### 4.2.2.4. Indicadores Gerais da Gestão de Resíduos

Com os indicadores desenvolvidos, é possível avaliar os três principais aspectos para o gerenciamento de resíduos identificados na fase de compreensão: a quantidade gerada, os custos envolvidos e a qualidade da segregação dos resíduos.

Para esses indicadores, foram simuladas metas de redução da geração dos resíduos, redução dos custos e melhoria da qualidade da segregação, a fim de criar indicadores de eficácia das ações de gerenciamento de resíduos, chamados neste trabalho de IEGR.

Os indicadores de eficácia foram agrupados com o intuito de criar um único indicador capaz representar de forma global a qualidade do gerenciamento dos resíduos sólidos, chamado de Índice da Qualidade do Gerenciamento dos Resíduos, ou IQGR.

- ✓ **IEGR – Indicador de Eficácia do Gerenciamento de Resíduos:** é a razão entre a meta estipulada e o resultado realizado dos indicadores de geração, custo e segregação. Resultados de IEGR iguais a 1 indicam que a meta foi atingida, resultados de IEGR acima de 1 indicam que a meta foi superada e abaixo de 1 que a meta não foi atingida
- ✓ **IQGR – Índice de Qualidade do Gerenciamento de Resíduos:** é a média dos três indicadores IEGR e resume o resultado global do

gerenciamento de resíduos em relação às metas estipuladas pela empresa.

### **4.3. Aplicação e Avaliação Crítica**

Após o desenvolvimento da primeira versão do Sistema WM na fase de estruturação, partiu-se para a execução de dois ciclos de aplicação e aprimoramento nas unidades de estudo, as duas obras da construtora.

#### **4.3.1. Aplicação da Ferramenta CTR do Sistema WM**

Foi realizado um treinamento de duas horas com toda a equipe da construtora participante do projeto, engenheiros da obra, coordenador de meio ambiente e almoxarifes (operadores do sistema). A cada um dos envolvidos foi fornecido um *login* e senha de acesso ao Sistema WM.

O treinamento contou com uma orientação geral sobre os problemas ambientais e requisitos legais relacionados à gestão de resíduos sólidos. Assim, foram dadas as instruções necessárias para a utilização do Sistema WM por parte dos almoxarifes. Os operadores do sistema foram instruídos a:

- ✓ Acessar o sistema;
- ✓ Preencher online a CTR;
- ✓ Avaliar a segregação na fonte dos resíduos dentro das caçambas.

Após o treinamento, a ferramenta CTR passou a ser utilizada nas duas obras. A figura 38 é o registro fotográfico do treinamento

Figura 38 - Treinamento sobre utilização do Sistema WM para a equipe da construtora participante do projeto.



Fonte: elaborado pelo autor.

Ambas as obras dispunham de um computador com conexão à internet e uma impressora. Na obra A o computador utilizado estava no escritório de engenharia e não no almoxarifado o que poderia dificultar o preenchimento da CTR, enquanto na obra B se encontrava no almoxarifado.

O banco de dados criado em função do preenchimento das CTRs foi utilizado para o desenvolvimento de indicadores e índices de gerenciamento de resíduos sólidos ao longo das duas fases de aplicação e aprimoramento, os quais serão apresentados no item Informações Geradas pelo Sistema.

A Ferramenta de Fechamento não foi utilizada porque nenhuma empresa destinatária dos resíduos se interessou em utilizá-la.

A utilização da CTR do Sistema WM para a primeira fase de aplicação e monitoramento foi de maio a julho/2013, enquanto a segunda fase contemplou o mês de agosto/2013.

#### **4.3.2. Informações Geradas pelo Sistema WM**

Ao longo do período de utilização do Sistema WM entre maio e agosto de 2013, foram geradas 98 CTRs na obra A e 131 CTRs na obra B. Os dados gerados pela utilização online da CTR produziram Informações como Dados agregados e Indicadores, conforme apresentado no capítulo de Estruturação.

As informações deste capítulo foram apresentadas e discutidas com a equipe da construtora envolvida no projeto durante as reuniões de avaliação crítica. Por isso, neste capítulo, limita-se a apresentar as informações geradas pelo sistema, para que no capítulo de análise crítica sejam aprofundadas as implicações do uso dessas informações.

#### **4.3.2.1. Indicadores de Geração**

##### **✓ Volume e Massa de Resíduo Gerado:**

O primeiro Dado agregado de geração de resíduos é o Volume Gerado por Tipo de Resíduo ( $m^3$ ). Para a Obra A, verificou-se a geração predominante de resíduos de argamassa e concreto, sendo  $351m^3$  e  $85m^3$ , respectivamente. Entre os resíduos classificados como classe A, também houve geração de tijolo, somente  $5m^3$ .

Outros resíduos foram gerados em menor quantidade, como gesso, terra e recicláveis em geral, conforme indica a gráfico 5. Observa-se que, diferentemente do que ocorreu na fase de compreensão, a obra A declarou em suas CTRs a destinação de resíduos recicláveis.

Gráfico 5 - Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m<sup>3</sup>) da obra A no período de maio a agosto de 2013.

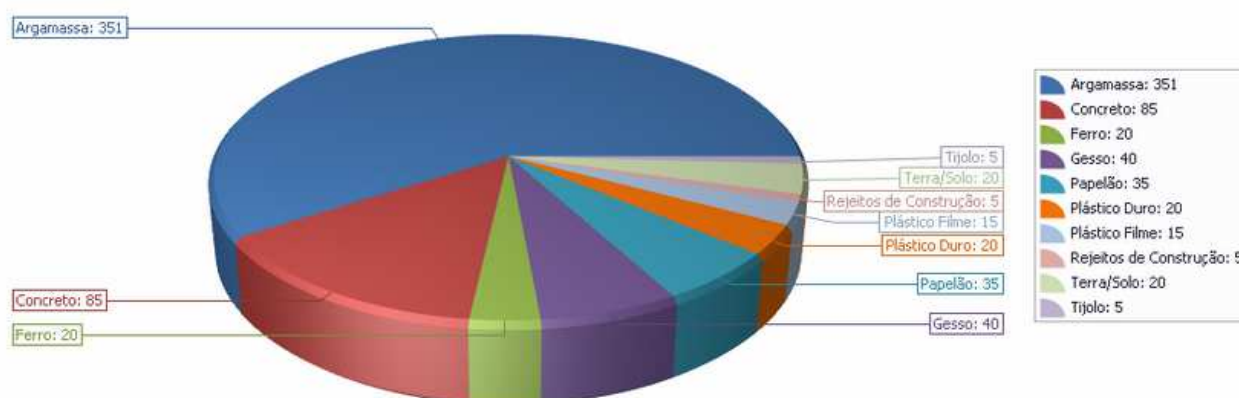
terça-feira, 5 de novembro de 2013 17:58

### Geração de Resíduo - Empreendimento Obra A

Data de Início: 01/05/2013

Data de Término: 30/08/2013

### Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m<sup>3</sup>)



Fonte: elaborado pelo autor.

A massa dos resíduos da obra A foi estimada com base na densidade aparente dos materiais e forneceu resultados semelhantes ao do volume gerado (gráfico 6).

Também apresenta predominante geração de concreto e argamassa e geração de outros resíduos como gesso e recicláveis em menor quantidade. Nota-se que, em massa, o percentual de geração de argamassa e concreto é maior. Esse resultado é explicado pelo alto peso específico dos resíduos desses materiais.

Para os resíduos recicláveis, nota-se que sua representatividade em massa é menor do que em volume, por conta do seu baixo peso específico. Materiais com peso específico menor, como papelão e plástico tornam-se menos representativos quando se analisa a massa, podendo causar distorções na avaliação de quantidade gerada.

Gráfico 6 - Massa Gerada por Tipo de Resíduo (kg) da obra A no período de maio a agosto de 2013.

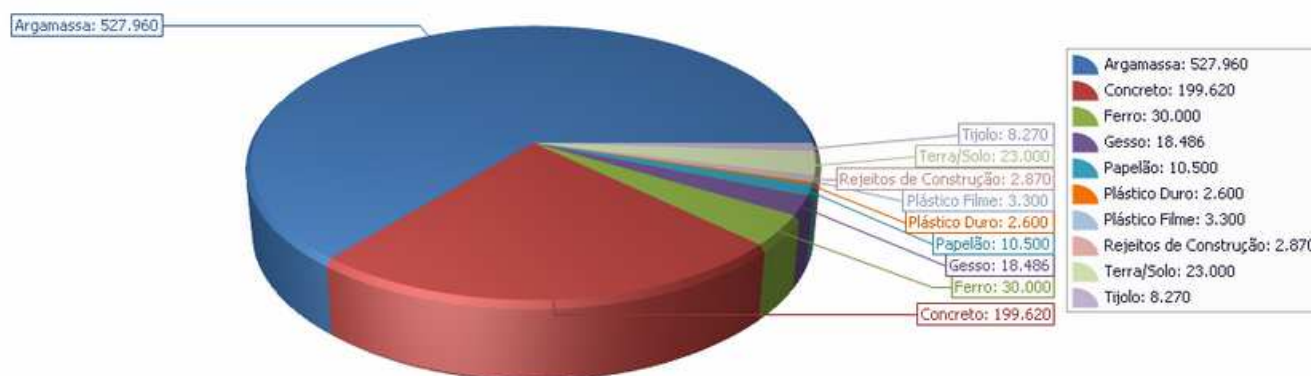
terça-feira, 5 de novembro de 2013 17:59

### Geração de Resíduo - Empreendimento Obra A

Data de Início: 01/05/2013

Data de Término: 30/08/2013

### Massa Gerada por Tipo de Resíduo (kg)



Fonte: elaborado pelo autor.

Para a obra B (Gráfico 7), foi verificada predominante geração de terra, cerca de 360m<sup>3</sup>, seguido do concreto, 271m<sup>3</sup>. A geração de argamassa registrada, de 50m<sup>3</sup>, foi reduzida em comparação com a de terra e concreto.

Resíduos de revestimento cerâmico também foram gerados em grande quantidade, cerca de 75m<sup>3</sup>. Outros resíduos classe A também foram gerados como, blocos, tijolos e cascalho.

Resíduos recicláveis e gesso foram gerados em menor quantidade. Observa-se a geração de Rejeitos de construção, que foram cadastrados no sistema para registrar caçambas com diversos tipos de resíduos, não necessariamente resíduos de construção civil.

Gráfico 7 - Gráfico de Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m<sup>3</sup>) da obra B no período de maio a agosto de 2013.

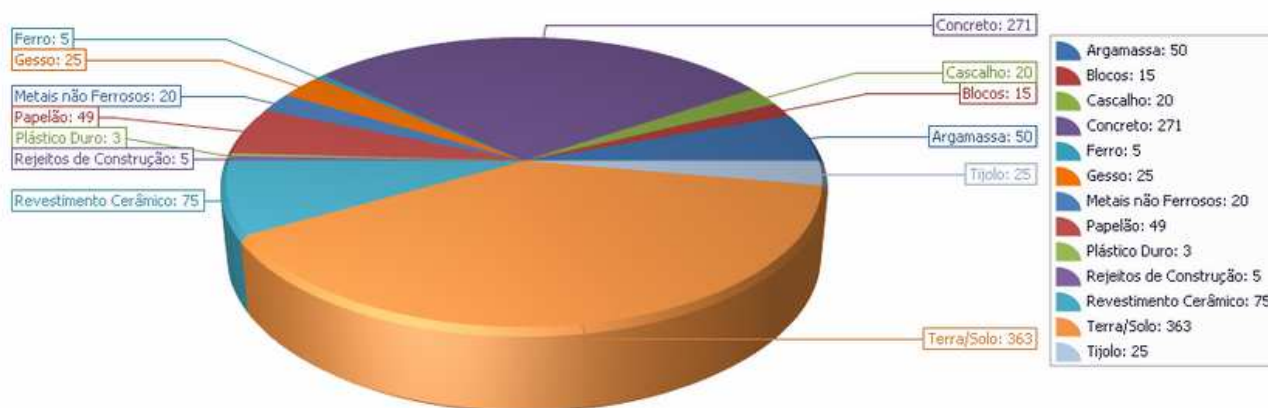
terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:00

### Geração de Resíduo - Empreendimento Obra B

Data de Início: 01/05/2013

Data de Término: 30/08/2013

### Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m<sup>3</sup>)



Fonte: elaborado pelo autor.

Em análise da massa gerada na obra B (Gráfico 8), a geração de concreto é maior do que a de terra, 548t e 417t, respectivamente. O resultado contrasta com os de volume, uma vez que as diferenças de densidade das unidades de medida podem levar a uma distorção de interpretação a respeito da quantidade gerada.

Também há uma expressiva geração, em massa, de metais não ferrosos, em contraste com uma menor representatividade no gráfico de volume, por conta de seu alto peso específico.



Gráfico 8 - Gráfico de Massa Gerada por Tipo de Resíduo (kg) da obra B no período de maio a agosto de 2013.

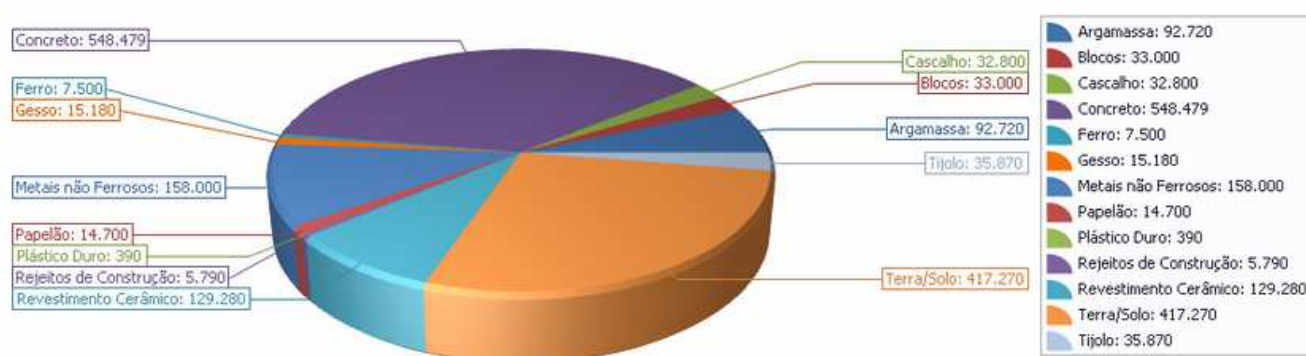
terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:00

### Geração de Resíduo - Empreendimento Obra B

Data de Início: 01/05/2013

Data de Término: 30/08/2013

### Massa Gerada por Tipo de Resíduo (kg)



Fonte: elaborado pelo autor.

Como dito anteriormente, resultados em massa de geração de resíduos neste trabalho são estimativas com base na densidade aparente do material predominante dentro da caçamba. Como não foi possível contar com um instrumento de medição da massa, não haverá precisão caso haja mistura de resíduos dentro da caçamba.

Para medir a massa, o sistema WM oferece a ferramenta de Recebimento, que deve ser utilizada pela empresa destinatária dos resíduos. Contudo, como estas empresas não se disponibilizaram a utilizar a ferramenta, não foi possível medir a massa dos resíduos.

Para os resultados de volume, é possível considerar o volume do recipiente no qual são dispostos os resíduos (caçamba, carroceria, tambores ou bags) como o volume gerado. Trata-se de medição simples, que pode ser realizada na obra por qualquer operador de resíduos. Os resultados apresentados a seguir tiveram como referência o volume gerado.

O gráfico 9, gerado pelo Sistema WM, faz uma comparação entre os resultados de volume gerado obtidos pelas obra A e B, para cada tipo de resíduos. Comparar obras é importante para a compreensão da dinâmica de geração de resíduos, pois por meio de comparações pode permitir identificar padrões e desvios de resultados.

Inicialmente, nota-se que a obra A gerou grande quantidade de argamassa e a obra B de concreto. Este resultado foi avaliado em visitas de campo e verificou-se que os operadores dos resíduos tem dificuldade em distinguir os dois tipos de resíduos. A obra B gerou 75m<sup>3</sup> de revestimento cerâmico, enquanto a obra A não gerou este resíduo.

Para resíduos de terra, foi gerado grande quantidade na obra A em comparação a obra B. Também em visita de campo, verificou-se grande movimentação de terra para a obra B no período, justificando o resultado.

Gráfico 9- Comparação do Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m³) entre as obras A e B no período de maio a agosto de 2013.

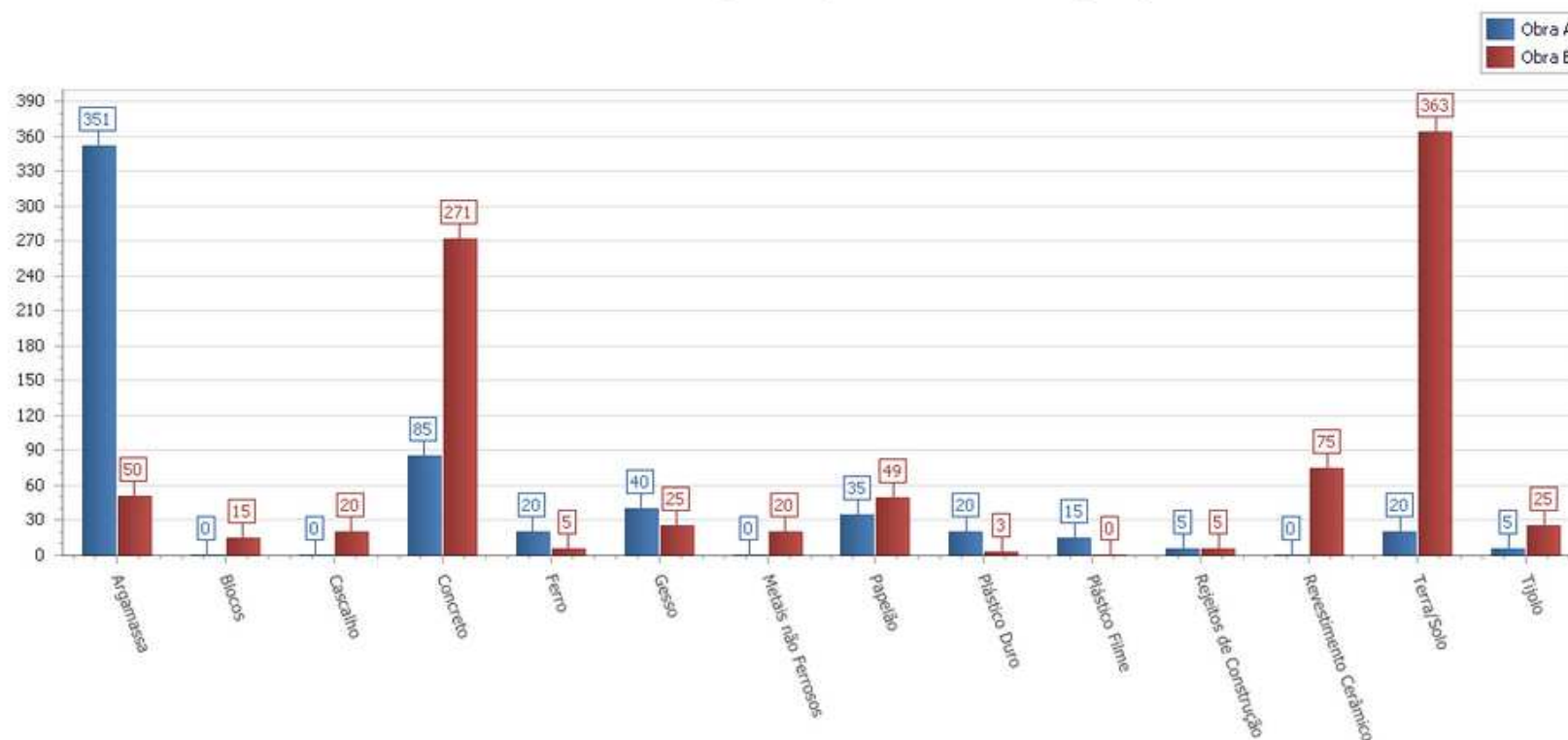
terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:15

### Geração de Resíduo - Comparativo

Data de Início: 01/05/2013

Data de Término: 30/08/2013

### Volume Gerado por Tipo de Resíduo (m³)



Fonte: elaborado pelo autor.

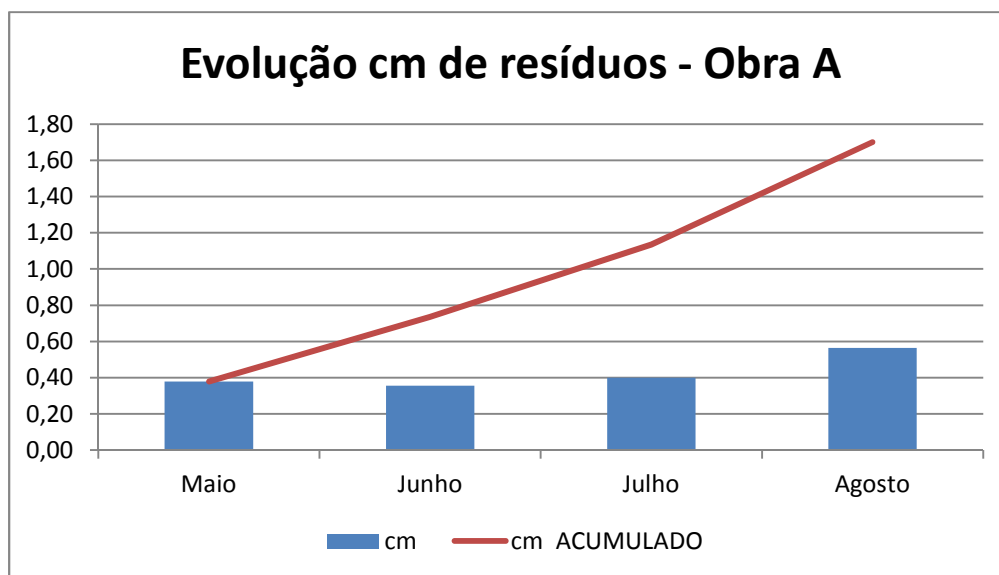
### ✓ Indicador Altura dos Resíduos

O indicador Altura dos Resíduos é uma relação entre volume e área construída, conforme já descrito no capítulo de estruturação. É calculado considerando o volume total de resíduos e por este motivo não é sensível à mistura de resíduos ou a erros de classificação dos resíduos dentro da caçamba.

Permite uma comparação proporcional da geração de resíduos entre diferentes obras, por relacionar a quantidade gerada com o tamanho da obra. Desta forma, pode ser útil para gerentes que administram diversas obras simultaneamente.

O gráfico 10 apresenta a evolução do indicador Altura dos Resíduos em centímetros ao longo do período de estudo e o resultado acumulado no mesmo período na obra A. Verifica-se que o indicador variou entre cerca de 0,40 e 0,60cm ao mês, acumulando uma geração de aproximadamente de 1,70cm ao longo do período.

Gráfico 10 - Evolução do Indicador Altura dos Resíduos (cm) da obra A entre os períodos de maio e agosto de 2013.

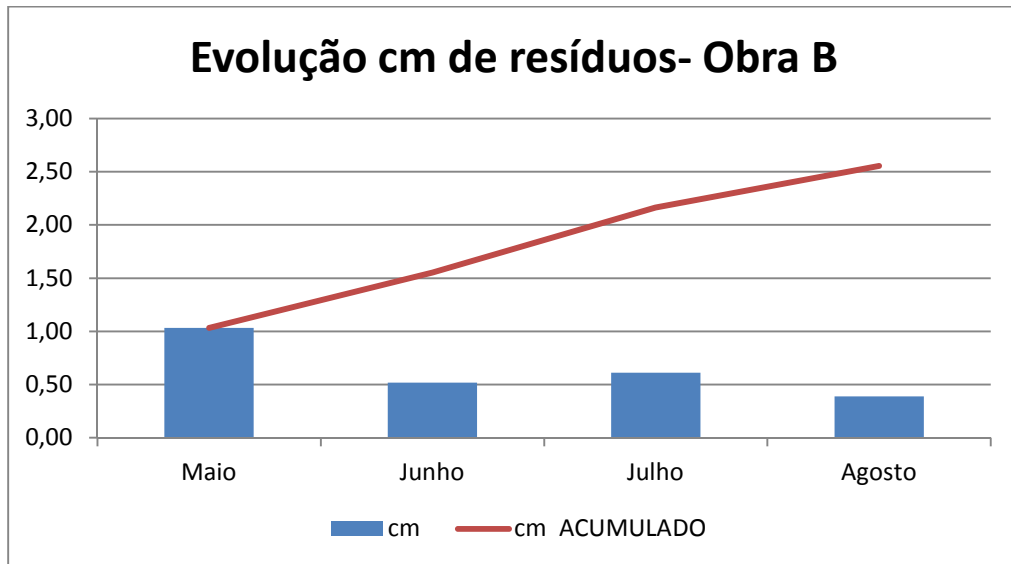


Fonte: elaborado pelo autor.

Para a obra B (Gráfico 11) a variação mensal ficou entre cerca de 0,40 e 1,00 cm, acumulando, ao final do período, aproximadamente 2,5cm. Nota-se

claramente que no mês de maio a geração de resíduos ficou muito acima dos outros meses. Este resultado ocorreu por conta da grande movimentação de terra, já discutida na apresentação dos volumes gerados.

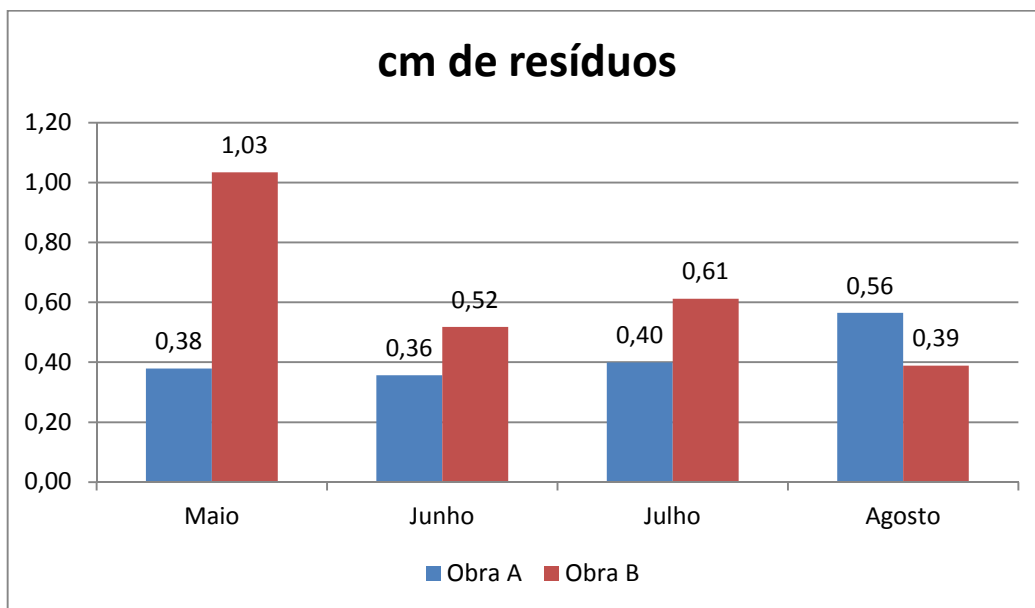
Gráfico 11 - Evolução do Indicador Altura dos Resíduos (cm) da obra B entre os períodos de maio e agosto de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor.

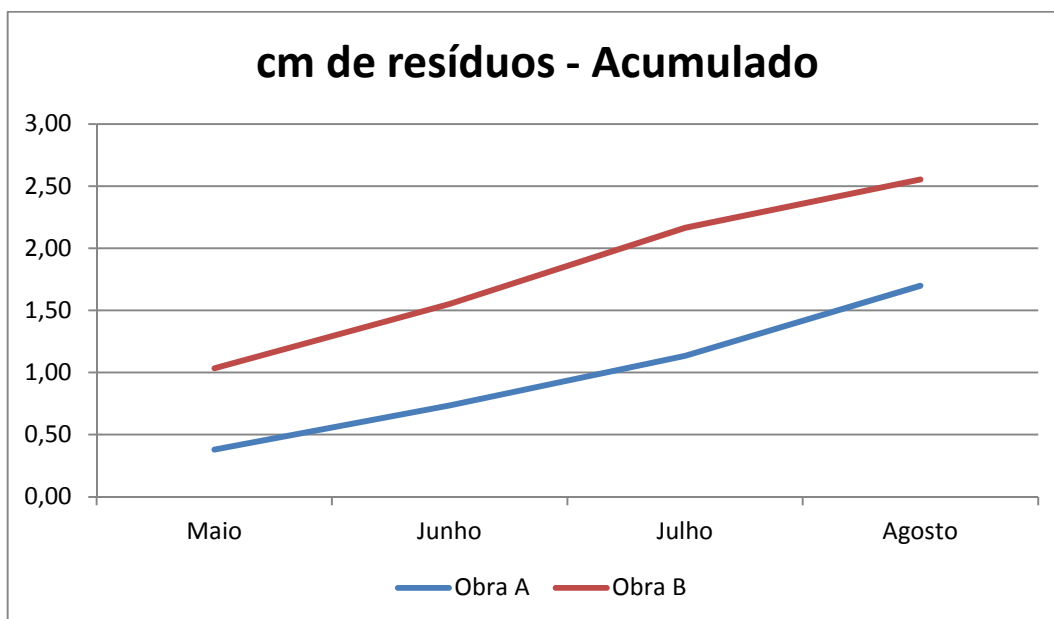
Os mesmos resultados de altura dos resíduos são apresentados em dois gráficos comparativos, o primeiro (gráfico 12) com a evolução da altura dos resíduos ao longo dos meses e o segundo (gráfico 13) com a evolução dos resultados acumulativos.

Gráfico 12 - Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador Altura dos resíduos no período de maio a agosto de 2013



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 13 - Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador Altura dos resíduos acumulado no período de maio a agosto de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### **4.3.2.2. Indicadores de Custo**

##### **✓ Custos do Gerenciamento dos Resíduos obra A**

Os indicadores de custos são gerados pelo sistema WM relacionando os atributos de custo dos cadastros dos resíduos com as quantidades geradas. Dessa forma, é possível distinguir os custos relativos a quantidade de matéria-prima desperdiçada (resíduos), transporte e destinação, bem como o valor total do gerenciamento dos resíduos.

O sistema WM apresenta inicialmente os valores atribuídos aos cadastros dos resíduos, conforme apresenta o Quadro 8. Desse modo é possível conhecer os parâmetros utilizados para o cálculo dos custos.

Os valores adotados são sempre os mais conservadores possíveis, por exemplo, no caso de pisos cerâmicos diferentes, com valores também diferentes, adota-se como referência sempre o valor mais baixo.

Outro exemplo é o valor dos custos de concreto e argamassa (Quadro 08), ambos de R\$145,00. Sabe-se que esses materiais têm custos diferentes, entretanto, como os operadores não distinguem corretamente os materiais, optou-se por adotar tanto para o concreto quanto a argamassa o valor de custo da matéria-prima mais baixo.

Quadro 8: Valores dos atributos dados aos resíduos utilizados para os cálculos dos indicadores de custos da obra A

terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:02

**Análise de Custo (R\$) - Empreendimento Obra A****Data de Início:** 01/05/2013**Data de Término:** 30/08/2013

<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Classe</b>	<b>Matéria-prima</b>	<b>Unidade</b>	<b>Transporte</b>	<b>Unidade</b>	<b>Destinação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Densidade</b>	<b>Unidade</b>
Argamassa	A	145,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,80	t/m <sup>3</sup>
Concreto	A	145,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	2,40	t/m <sup>3</sup>
Ferro	B	20,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	Tonelada	1,50	t/m <sup>3</sup>
Gesso	B	290,00	Tonelada	100,00	Caçamba	265,00	m <sup>3</sup>	0,90	t/m <sup>3</sup>
Papelão	B	220,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	m <sup>3</sup>	0,30	t/m <sup>3</sup>
Plástico Duro	B	110,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	m <sup>3</sup>	0,13	t/m <sup>3</sup>
Plástico Filme	B	600,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	Tonelada	0,22	t/m <sup>3</sup>
Rejeitos de Construção	Outros	0,00	Tonelada	100,00	Caçamba	9,50	Tonelada	1,50	t/m <sup>3</sup>
Terra/Solo	A	0,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,15	t/m <sup>3</sup>
Tijolo	A	135,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,10	t/m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pelo autor.



O quadro 09 apresenta os resultados do cálculo dos custos para cada tipo de material, considerando os três aspectos do gerenciamento dos resíduos: matéria-prima, transporte e destinação.

Para a obra A, o custo total com o gerenciamento de resíduos ficou em R\$83.551,71. Grande parte dos custos é originado na perda de matéria-prima, R\$66.145,80, enquanto os valores de destinação e transporte não ultrapassaram R\$9.500,00.

A maior parte do custo de desperdício de matéria-prima foi ocasionada pela perda de argamassa e concreto. Já o custo de destinação foi mais impactado pelo resíduo de gesso, que deve ser destinado para empresa específica para esse fim a um maior custo.

Quadro 9: Relatório de resultados de custo por tipo de resíduos do gerenciamento dos resíduos da obra A

terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:12

### **Análise de Custo (R\$) - Empreendimento Obra A**

**Data de Início:** 01/05/2013

**Data de Término:** 30/08/2013

	<b>Matéria-prima</b>	<b>Transporte</b>	<b>Destinação</b>	<b>Total</b>
Argamassa	42.531,40	5.700,00	2.786,54	51.017,94
Concreto	12.061,10	1.100,00	790,21	13.951,31
Ferro	600,00	0,00	0,00	600,00
Gesso	5.362,10	800,00	5.440,45	11.602,55
Papelão	2.310,00	0,00	0,00	2.310,00
Plástico Duro	286,00	0,00	0,00	286,00
Plástico Filme	1.980,00	0,00	0,00	1.980,00
Rejeitos de Construção	0,00	100,00	27,27	127,27
Terra/Solo	0,00	300,00	190,00	490,00
Tijolo	1.015,20	100,00	71,44	1.186,64
<b>Total</b>	<b>66.145,80</b>	<b>8.100,00</b>	<b>9.305,91</b>	<b>83.551,71</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

O gráfico 14, gerado pelo Sistema WM, traduz os resultados da análise de custo em percentual, identificando a contribuição de cada tipo de resíduo na composição do custo total. Para a obra A, aproximadamente 75% do custo provém dos resíduos de argamassa e concreto. O Gesso corresponde com uma parcela de 13,89% dos custos.

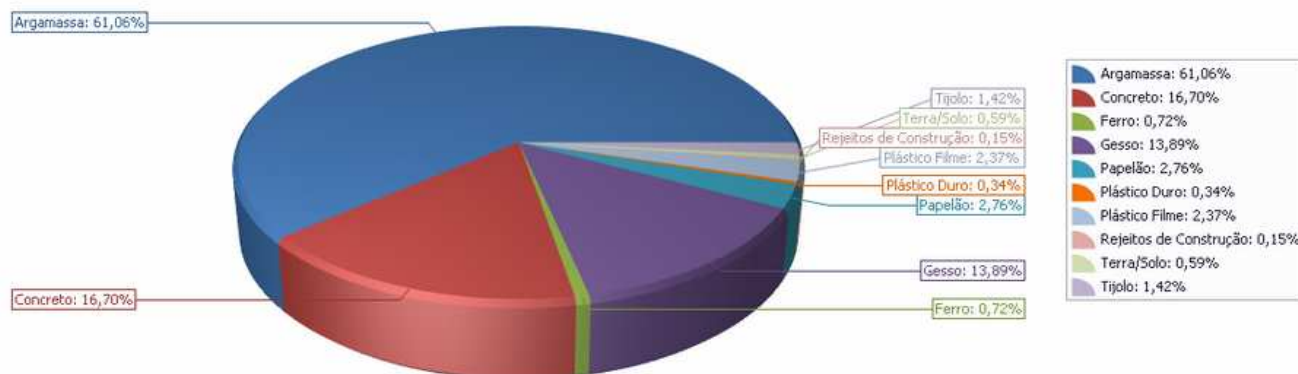
Gráfico 14 - Percentual de custo total por tipo de resíduo gerado na obra A.

terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:06

**Análise de Custo (%) - Empreendimento Obra A**

Data de Início: 01/05/2013

Data de Término: 30/08/2013

**Análise de Custo - Total - R\$ 83.551,71**

Fonte: elaborado pelo autor.

O quadro 11 apresenta a evolução dos custos ao longo dos meses de estudo, mais uma forma possível de apresentação dos dados agregados de custo a utilizar no gerenciamento de resíduos sólidos.

Verifica-se, por exemplo, que na obra A, para o mês de agosto, houve um aumento significativo do custo de matéria-prima, o que implicou em um custo total maior para esse mês. Tal informação pode ajudar os gestores a controlarem seus custos ou tomarem ações corretivas ao constatarem um desvio significativo, como o observado no mês de agosto.

Quadro 10: Relatório de resultados de custo por período de resíduos do gerenciamento dos resíduos da obra A

Obra A						
Custo	Matéria Prima	Transporte	Destinação	Total	ACUMULADO	
Maio	R\$ 12.864,25	R\$ 1.900,00	R\$ 1.591,70	R\$ 16.355,95	R\$ 16.355,95	
Junho	R\$ 9.502,45	R\$ 1.500,00	R\$ 1.434,17	R\$ 12.436,62	R\$ 28.792,57	
Julho	R\$ 15.331,00	R\$ 2.000,00	R\$ 2.055,13	R\$ 19.386,13	R\$ 48.178,70	
Agosto	R\$ 28.448,10	R\$ 2.700,00	R\$ 4.224,91	R\$ 35.373,01	R\$ 83.551,71	

Fonte: elaborado pelo autor.

### ✓ **Custos do Gerenciamento dos Resíduos obra B**

O quadro 12 apresenta para a obra B os valores atribuídos aos resíduos usados no cálculo dos custos com o gerenciamento dos resíduos. Na obra B foram gerados mais tipos de resíduos do que na obra A, principalmente recicláveis e revestimento cerâmico.

Ressalta-se que os valores atribuídos para os recicláveis, são o valor de venda de material no mercado de recicláveis. Como atualmente a empresa doa esses resíduos, deixa de receber esses valores. O mesmo se aplica para o transporte e destinação, que apresentam valor zero, uma vez que a empresa não paga pelo transporte e destinação de resíduos recicláveis.

Resíduos como cascalho, rejeitos de construção e terra tem valor zero como matéria-prima. Importante reconhecer essa característica, principalmente quando há grande geração de volume de resíduos a custo zero, como terra. Observou-se anteriormente que houve grande geração de terra para a obra B, contudo, o impacto na análise de custos não será tão significativo, uma vez que seu custo como matéria-prima é zero.

Quadro 11: Valores dos atributos dados aos resíduos utilizados para os cálculos dos indicadores de custos da obra B

terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:08

**Análise de Custo (R\$) - Empreendimento Obra B****Data de Início:** 01/05/2013**Data de Término:** 30/08/2013

<b>Tipo de Resíduo</b>	<b>Classe</b>	<b>Matéria-prima</b>	<b>Unidade</b>	<b>Transporte</b>	<b>Unidade</b>	<b>Destinação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Densidade</b>	<b>Unidade</b>
Alumínio	B	2500,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	Tonelada	0,40	t/m <sup>3</sup>
Argamassa	A	145,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,80	t/m <sup>3</sup>
Blocos	A	125,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	2,20	t/m <sup>3</sup>
Cascalho	A	0,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,50	t/m <sup>3</sup>
Concreto	A	145,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	2,40	t/m <sup>3</sup>
Ferro	B	20,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	Tonelada	1,50	t/m <sup>3</sup>
Gesso	B	290,00	Tonelada	100,00	Caçamba	265,00	m <sup>3</sup>	0,90	t/m <sup>3</sup>
Metais não Ferrosos	B	20,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	m <sup>3</sup>	7,90	t/m <sup>3</sup>
Papelão	B	220,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	m <sup>3</sup>	0,30	t/m <sup>3</sup>
Plástico Duro	B	110,00	Tonelada	0,00	Caçamba	0,00	m <sup>3</sup>	0,13	t/m <sup>3</sup>
Rejeitos de Construção	Outros	0,00	Tonelada	100,00	Caçamba	9,50	Tonelada	1,50	t/m <sup>3</sup>
Revestimento Cerâmico	A	110,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,50	t/m <sup>3</sup>
Telhas de Barro	A								
Terra/Solo	A	0,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,15	t/m <sup>3</sup>
Tijolo	A	135,00	m <sup>3</sup>	100,00	Caçamba	9,50	m <sup>3</sup>	1,10	t/m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nos atributos conferidos aos resíduos e os volumes gerados foram calculados os custos do gerenciamento dos resíduos da obra B, conforme apresentado no Quadro 13.

Os custos mais significativos para a matéria-prima são de concreto, R\$33.139,35. Em seguida revestimento cerâmico, R\$9.480,90 e argamassa, R\$7.468,85.

Já para a destinação dos resíduos, o custo mais alto foi dos resíduos de gesso, R\$4.470,50, por conta do seu alto custo de destinação. Resíduos de terra também apresentaram custos altos em relação aos outros resíduos, por conta do grande volume gerado e não de seu custo unitário como matéria-prima.

Ao final, o custo do gerenciamento dos resíduos no período ficou em R\$91.668,02, sendo que a parcela mais representativa deste valor é de custo de matéria prima, R\$67.356,05, assim como ocorreu para a obra A.

Quadro 12: Relatório de resultados de custo por tipo de resíduo do gerenciamento dos resíduos da obra B

terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:13

### Análise de Custo (R\$) - Empreendimento Obra B

Data de Início: 01/05/2013

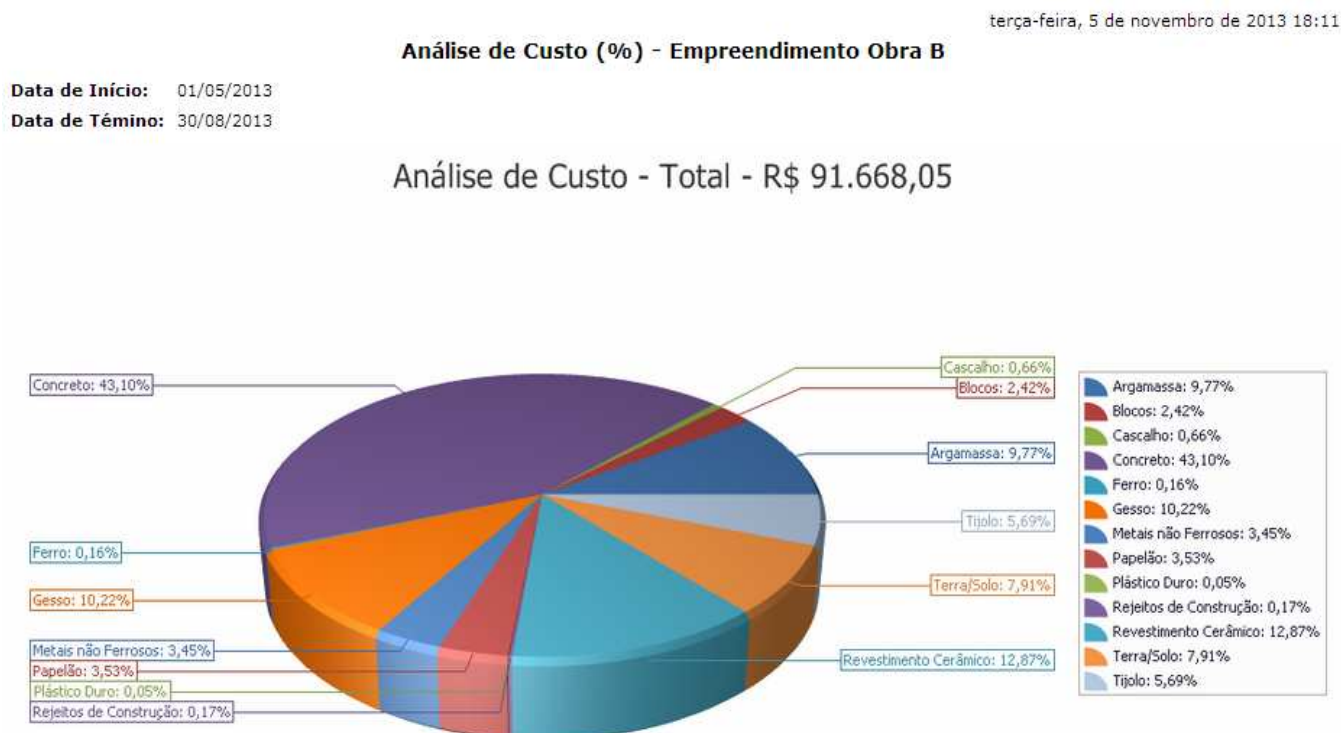
Data de Término: 30/08/2013

	Matéria-prima	Transporte	Destinação	Total
Argamassa	7.468,95	1.000,00	489,35	8.958,30
Blocos	1.875,00	200,00	142,50	2.217,50
Cascalho	0,00	400,00	207,77	607,77
Concreto	33.139,75	4.200,00	2.171,23	39.510,98
Ferro	150,00	0,00	0,00	150,00
Gesso	4.402,20	500,00	4.470,55	9.372,75
Metais não Ferrosos	3.160,00	0,00	0,00	3.160,00
Papelão	3.234,00	0,00	0,00	3.234,00
Plástico Duro	42,90	0,00	0,00	42,90
Rejeitos de Construção	0,00	100,00	55,01	155,01
Revestimento Cerâmico	9.480,90	1.500,00	818,81	11.799,71
Terra/Solo	0,00	3.800,00	3.446,98	7.246,98
Tijolo	4.402,35	500,00	309,80	5.212,15
<b>Total</b>	<b>67.356,05</b>	<b>12.200,00</b>	<b>12.111,97</b>	<b>91.668,02</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

No gráfico 15, são apresentados os percentuais de custo para cada tipo de resíduo gerado na obra B. Os resíduos com custo mais representativos são o concreto, 43,10%, revestimento cerâmico, 12,67%, gesso, 10,22% e terra, 7,91%.

Gráfico 15 - Percentual de custo total por tipo de resíduo gerado na obra B.



Fonte: elaborado pelo autor.

O quadro 14 apresenta a evolução dos custos da obra B ao longo do período estudado. Há grande variação entre os resultados mensais, pois em junho o custo total foi de cerca de R\$14.000,00, enquanto em maio chegou a R\$36.000,00, uma diferença de mais de 100%.

Quadro 13: Relatório de resultados de custo por período de resíduos do gerenciamento dos resíduos da obra B

Obra B					
Custo	Matéria Prima	Transporte	Destinação	Total	ACUMULADO
Maio	R\$ 27.713,95	R\$ 4.700,00	R\$ 3.693,29	R\$ 36.107,24	R\$ 36.107,24
Junho	R\$ 9.399,80	R\$ 2.500,00	R\$ 2.302,96	R\$ 14.202,76	R\$ 50.310,00
Julho	R\$ 12.486,30	R\$ 2.800,00	R\$ 2.515,72	R\$ 17.802,02	R\$ 68.112,02
Agosto	R\$ 17.756,00	R\$ 2.200,00	R\$ 3.600,00	R\$ 23.556,00	R\$ 91.668,02

Fonte: elaborado pelo autor.

✓ **Comparativo dos Custos do Gerenciamento dos Resíduos entre as obras A e B**

Com o sistema WM também é possível gerar automaticamente um gráfico para análise comparativa entre os custos do gerenciamento de resíduos entre diferentes obras (Gráfico 16).

Os custos de concreto para a obra B são mais altos, enquanto os de argamassa para a obra A são mais altos. Essa diferença é devido às avaliações dos operadores, que, como já foi, não sabiam distinguir corretamente os dois tipos de materiais.

Os custos de gesso para ambas as obras são superiores à maioria dos outros resíduos, devido principalmente aos custos de destinação.

Gráfico 16 - Comparação entre custos do gerenciamento dos resíduos entre as obras A e B no período de maio a agosto de 2013

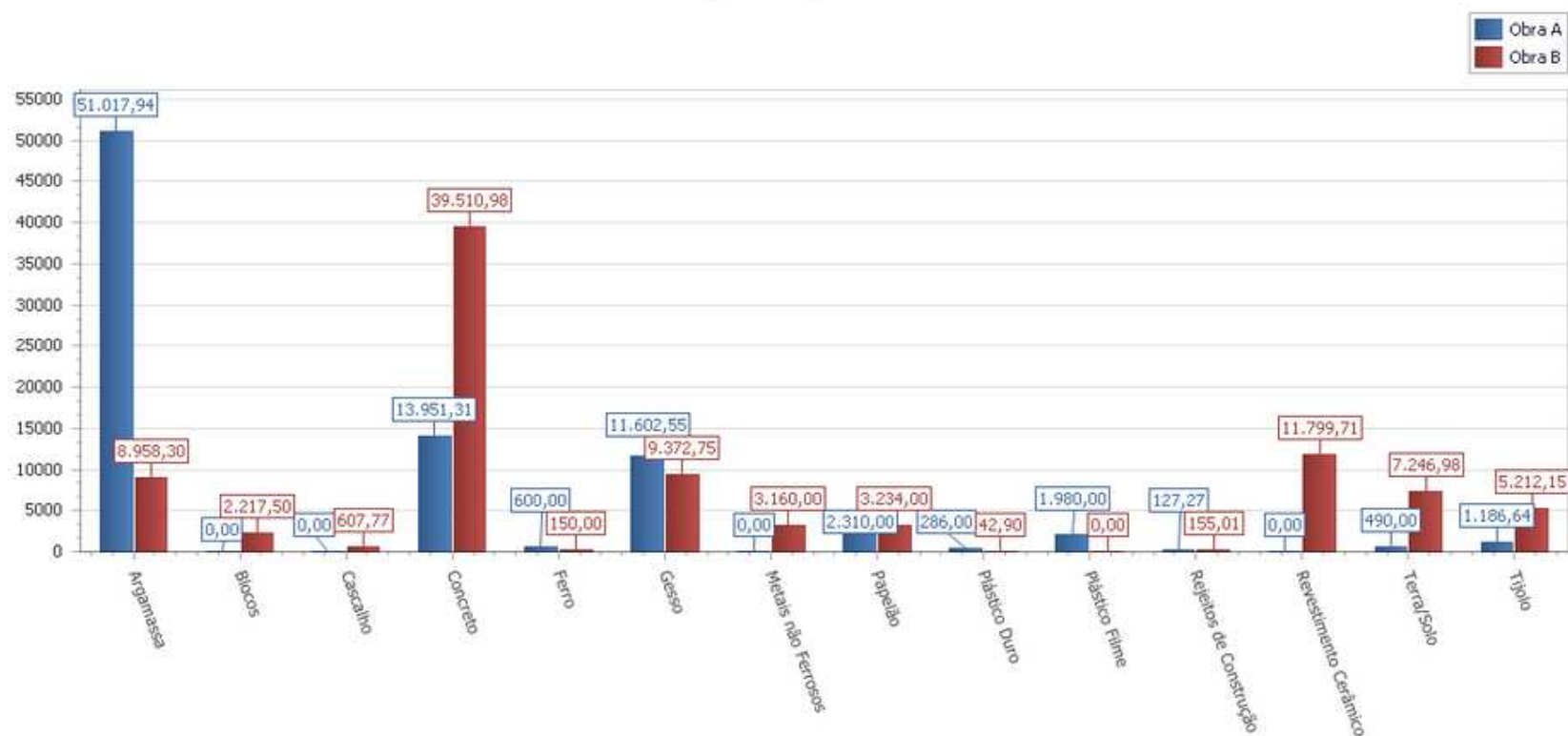
terça-feira, 5 de novembro de 2013 18:17

## Geração de Resíduo - Comparativo

Data de Início: 01/05/2013

Data de Término: 30/08/2013

## Análise de Custo por Tipo de Resíduo - Total



Fonte: elaborado pelo autor.



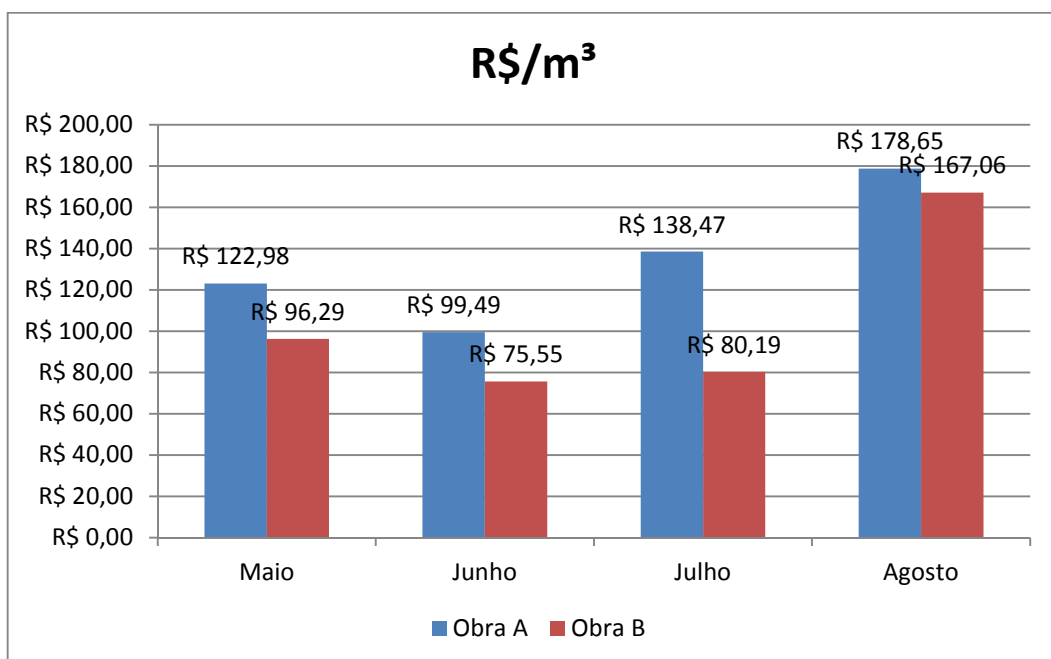
### ✓ Indicadores de Custo do Gerenciamento dos Resíduos

Os dados agregados de custo apresentados até o momento foram utilizados para os cálculos dos Indicadores de Custo do Gerenciamento dos Resíduos. Esses indicadores traduzem os resultados de custo em parâmetros que permitem a comparação entre obras.

O primeiro indicador relaciona o custo total do gerenciamento dos resíduos com o volume total gerado, com resultados expressos em R\$/m<sup>3</sup>. O gráfico 17 apresenta estes valores e compara as obras A e B.

Ao longo de todo o período o indicador R\$/m<sup>3</sup> foi superior para a obra A, mesmo que essa obra tenha tido um custo total e volume de resíduos menores. O resultado pode ser explicado pela geração de resíduo de terra na obra B, o qual foi gerado em grande quantidade e é um resíduo com custo nulo de matéria-prima.

Gráfico 17 - Evolução do indicador de custo por volume de resíduos gerado – R\$/m<sup>3</sup>



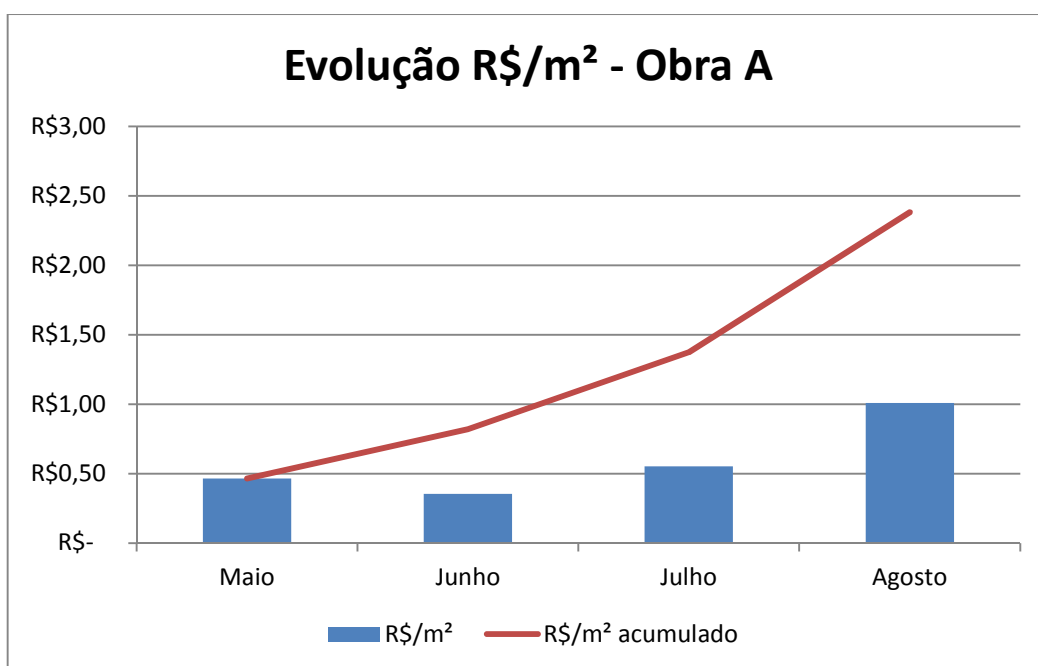
Fonte: elaborado pelo autor.

O segundo indicador de custo relaciona o custo total do gerenciamento dos resíduos com a área total construída, expresso em R\$/m<sup>2</sup>.

A relação custo/área é comumente utilizada na construção civil para expressar o valor de um imóvel. É um indicador que pode permitir a comparação da atividade de gerenciamento dos resíduos com outras atividades da empresa.

No Gráfico 18 são apresentados os resultados para a obra A que apresentou uma variação mensal entre 0,50R\$/m<sup>2</sup> e 1,00R\$/m<sup>2</sup> aproximadamente, somando ao final do período 2,48 R\$/m<sup>2</sup>.

Gráfico 18 - Evolução do Indicador R\$/m<sup>2</sup> da obra A entre os períodos de maio e agosto de 2013.

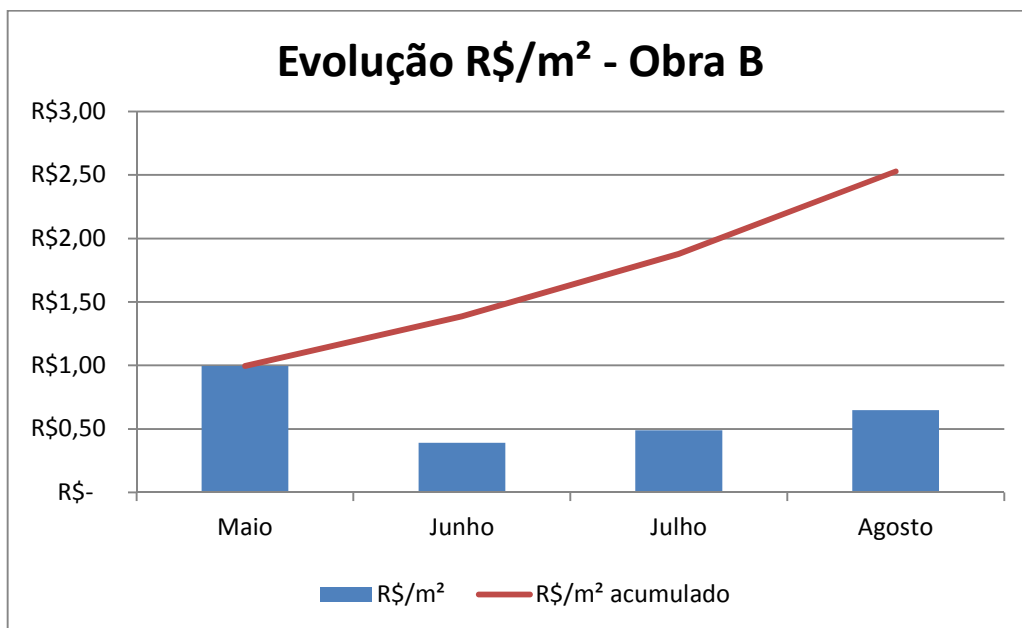


Fonte: elaborado pelo autor.

No gráfico 19, são apresentados os resultados para a obra B, que apresentou uma variação mensal entre 0,40R\$/m<sup>2</sup> e 1,00R\$/m<sup>2</sup> aproximadamente, chegando ao final do período cerca de 2,50 R\$/m<sup>2</sup>.

Diferentemente do indicador R\$/m<sup>3</sup>, indicador R\$/m<sup>2</sup> não sofre influência do resíduo de terra, uma vez que não leva em consideração o volume gerado e o custo total desse resíduo é baixo. O resultado do mês de maio, superior aos outros meses, pode ser esclarecido pela geração de outro resíduo com custo total mais alto, como concreto ou argamassa.

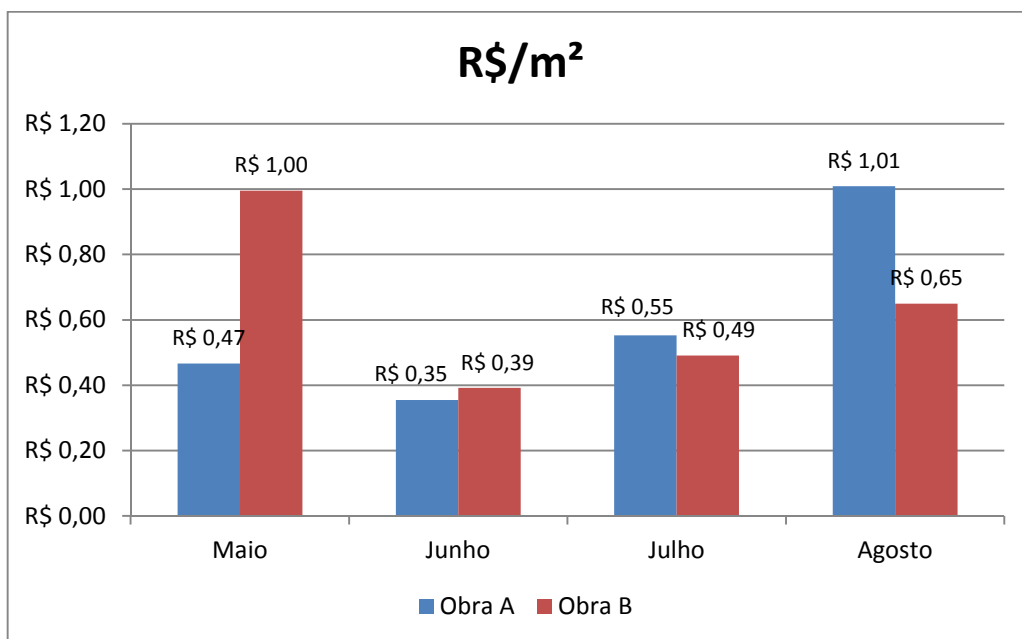
Gráfico 19 - Evolução do Indicador R\$/m<sup>2</sup> da obra B entre os períodos de maio e agosto de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor.

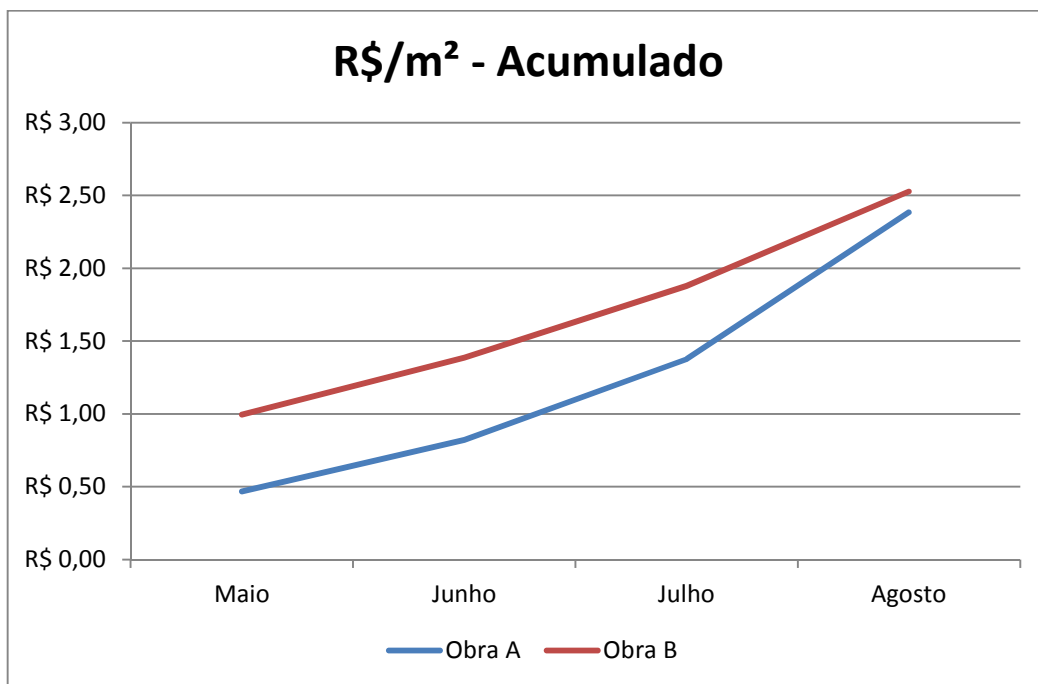
Os gráficos 20 e 21 expressam os mesmos resultados de R\$/m<sup>2</sup>, comparando as obra A e B. Verifica-se que as duas obras tiveram variações significativas no período, mas tem resultado finais em R\$/m<sup>2</sup> que tendem para o mesmo valor de aproximadamente R\$2,50.

Gráfico 20 - Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador R\$/m<sup>2</sup> no período de maio a agosto de 2013



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 21 - Comparação entre as obras A e B da evolução do indicador R\$/m<sup>2</sup> acumulado no período de maio a agosto de 2013.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.3.2.3. Indicadores de Segregação

São apresentados os dados agregados de segregação na fonte e posteriormente os indicadores de segregação.

##### ✓ Avaliações da Segregação na Fonte

Todas as caçambas retiradas das obras A e B foram avaliadas visualmente quanto à qualidade da segregação dos resíduos em Bom, Regular e Ruim, seguindo os critérios estabelecidos na fase de estruturação, obtendo-se o máximo de número de caçambas possível em cada uma das avaliações.

Os gráficos 22 e 23 apresentam a quantidade de caçambas avaliadas e suas classificações.

Gráfico 22 - Avaliação da qualidade da segregação na fonte das caçambas da obra A.

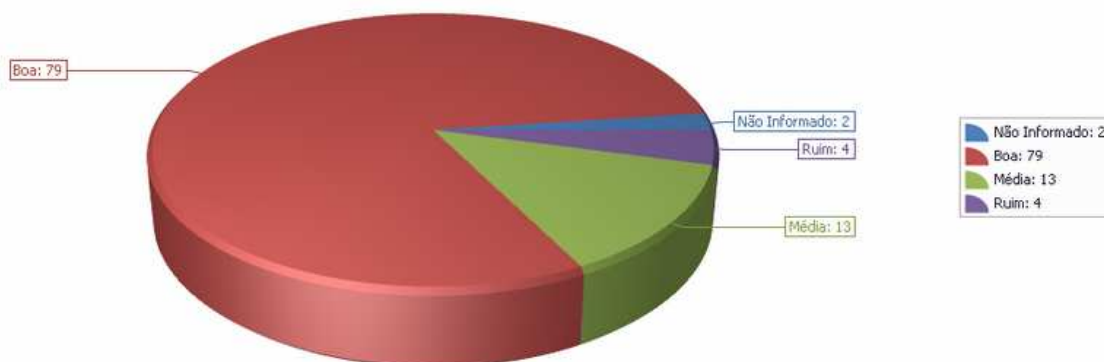
terça-feira, 5 de novembro de 2013 17:57

**Geração de Resíduo - Empreendimento Obra A**

**Data de Início:** 01/05/2013

**Data de Término:** 30/08/2013

**Qualidade da Segregação**



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 23 - Avaliação da qualidade da segregação na fonte das caçambas da obra B.

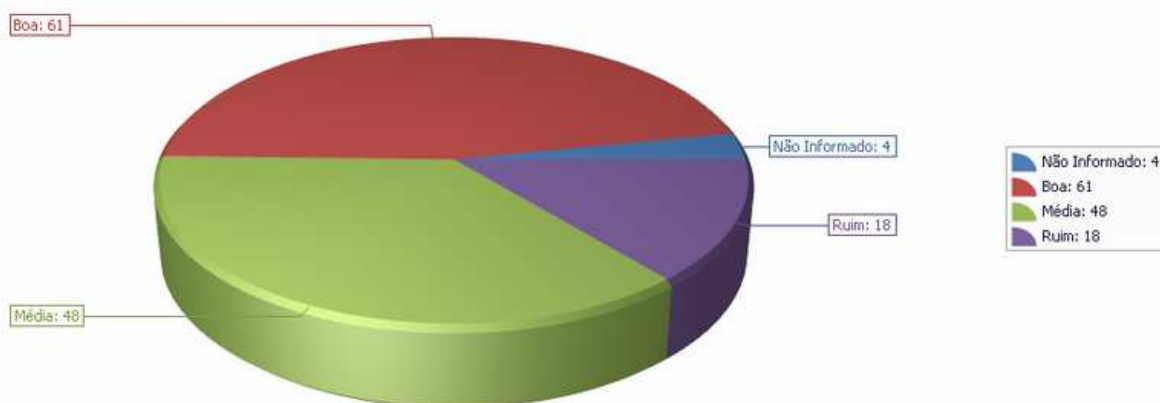
terça-feira, 5 de novembro de 2013 17:59

**Geração de Resíduo - Empreendimento Obra B**

**Data de Início:** 01/05/2013

**Data de Término:** 30/08/2013

**Qualidade da Segregação**



Fonte: elaborado pelo autor.

✓ **Indicador de Qualidade da Segregação (IQS)**

Com os dados de quantidade de caçambas avaliadas, foi calculado o Indicador de Qualidade da Segregação (IQS) dos resíduos. Os quadros 15 e 16 apresentam os resultados mensais do IQS para as obras A e B. O IQS mostra-se como um indicador que, apesar do número diferente de caçambas avaliadas entre as obras, traduziu os resultados da segregação em um número capaz de comparar os resultados das duas obras.

Verifica-se que os resultados da obra A se mantiveram estáveis ao longo do período, com um valor final de 2,78. Já a obra B, teve avaliações ruins nos meses de maio e junho, e resultados melhores nos meses de julho e agosto, culminando em um resultado intermediário no período, 2,34.

Quadro 14: Síntese das avaliações da segregação na fonte dos resíduos e resultados de IQS para a obra A

QUALIDADE DA SEGREGAÇÃO - OBRA A				
Período	Número de Avaliações			IQS
	Bom	Médio	Ruim	
Maio	19		1	2,90
Junho	17	1	2	2,75
Julho	24	1		2,96
agosto	19	11	1	2,58
<b>Total no Período</b>	<b>79</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>2,78</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 15: Síntese das avaliações da segregação na fonte dos resíduos e resultados de IQS para a obra B

QUALIDADE DA SEGREGAÇÃO - OBRA B				
Período	Número de Avaliações			IQS
	Bom	Médio	Ruim	
Maio	5	35	6	1,98
Junho	9	7	11	1,93
Julho	26	4		2,87
agosto	21	2	1	2,83
<b>Total no Período</b>	<b>61</b>	<b>48</b>	<b>18</b>	<b>2,34</b>

Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.3.2.4. Indicadores de Eficácia da Gestão de Resíduos

Os indicadores de eficácia comparam os resultados obtidos com um resultado desejado. Por conta da inexistência de metas da construtora para o gerenciamento dos resíduos associadas aos indicadores propostos, realizou-se uma simulação de resultados com metas fictícias.

Essa simulação serviu para discutir os indicadores com a equipe da construtora e verificar a possibilidade de estabelecer metas associadas a esses indicadores no futuro. Nesse momento, porém, é apresentada somente a simulação dos resultados, enquanto no item de Avaliação Crítica serão discutidos os resultados da Avaliação Crítica do uso do indicador.

Foram simulados três cenários apresentados na figura 41. O primeiro com resultados acima da meta, o segundo com resultados exatamente na meta e o terceiro com resultados abaixo da meta.

A simulação foi realizada somente com os resultados obtidos para a obra A, no período entre os meses de maio e agosto de 2013. Na primeira coluna constam os indicadores relacionados às metas: Altura dos Resíduos (indicador de geração), Custo por área construída (R\$/m<sup>2</sup>) e Indicador de Qualidade da Segregação (IQS).

Na segunda coluna constam os resultados obtidos para a obra A. Na terceira coluna as unidades de medida. Na quarta coluna são simuladas as metas para cada indicador em cenários diferentes. Na quinta coluna é apresentado o Indicador de Eficácia do Gerenciamento dos Resíduos (IEGR).

No Cenário 1, no qual todos os indicadores superam a meta, os valores de IEGR são acima de um. No cenário 2, os indicadores atingem exatamente a meta e os valores de IEGR são iguais a 1. No Cenário 3, a meta não é atingida para nenhum indicador e os valores de IEGR são menores que 1.

Por ser relacionado a metas, o indicador IEGR, cria um parâmetro comparável entre obras diferentes, com metas diferentes, tendo em conta características específicas de cada obra.

Por exemplo, o uso de métodos construtivos diferentes pode influenciar diretamente na geração e custo dos resíduos. Faz sentido que essa obra tenha uma meta específica para suas características.

Em função dos resultados de IEGR, calcula-se o Índice de Qualidade do Gerenciamento dos Resíduos (IQGR), conforme já discutido no capítulo de estruturação. Esse indicador reúne em um número o resultado final do gerenciamento dos resíduos.

Foram simulados três cenários. Para os cenários de superação das metas, o valor de IQGR ficou acima de um. Para valores iguais aos da meta, o IQGR ficou em um. Valores abaixo da meta resultaram em um IQGR abaixo de 1.



Figura 39 - Simulação de resultados para os indicadores de eficácia da gestão de resíduos sólidos.

Cenário 1 - Acima da Meta			Obra A		
Indicador	Realizado	Unidade	Meta	IEGR	IQGR
Geração	1,70	cm	1,75	1,03	1,03
Custo	2,38	R\$/m <sup>2</sup>	2,40	1,01	
IQS	2,78	adm	2,70	1,05	
Cenário 2 - Meta			Obra A		
Indicador	Realizado	Unidade	Meta	IEGR	IQGR
Geração	1,70	cm	1,70	1,00	1,00
Custo	2,38	R\$/m <sup>2</sup>	2,38	1,00	
IQS	2,78	adm	2,78	1,00	
Cenário 3 - Abaixo da Meta			Obra A		
Indicador	Realizado	Unidade	Meta	IEGR	IQGR
Geração	1,70	cm	1,50	0,88	0,83
Custo	2,38	R\$/m <sup>2</sup>	1,50	0,63	
IQS	2,78	adm	2,80	0,99	

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.3.2.5. Alertas de Monitoramento

Além de indicadores e relatórios, o sistema WM gera alertas de monitoramento que seguem critérios definidos pelo gestor ambiental em função dos requisitos legais e operacionais da atividade. Para este trabalho, foram definidos alertas para:

- ✓ Incompatibilidade entre as licenças de transporte/destino dos prestadores de serviço e os resíduos presentes dentro das caçambas;
- ✓ Vencimento de licenças ambientais nos prazos de 120, 90 60 e 30 dias.

Foram registradas no sistema 34 alertas, sendo alguns graves, como indica a figura 42. Foram registrados o transporte e destinação de embalagens de agrotóxicos e lâmpadas fluorescentes para empresas sem licença para esse fim.

Figura 40 - Exemplos de alertas de não conformidade no transporte ou destinação dos resíduos.

<input type="checkbox"/>	Tipo de Alerta
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Gesso
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para destinação - Tipo de Resíduo: Embalagens de Agrotóxicos
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Embalagens de Agrotóxicos
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Telhas de Barro
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para destinação - Tipo de Resíduo: Telhas de Barro
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para destinação - Tipo de Resíduo: Ferro
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para destinação - Tipo de Resíduo: Concreto
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para destinação - Tipo de Resíduo: Alumínio
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para destinação - Tipo de Resíduo: Lâmpadas Fluorescentes
<input checked="" type="checkbox"/>	Nao conformidade entre resíduo dentro da caçamba e resíduos cadastrados para transporte - Tipo de Resíduo: Lâmpadas Fluorescentes

Fonte: elaborado pelo autor.

### 4.3.3. Avaliação Crítica

A avaliação crítica do sistema foi feita por meio de visitas de campo e reuniões com a equipe da construtora, conforme apresentado a seguir.

#### 4.3.3.1. Visitas de Campo

Ao longo do período de aplicação da ferramenta, foram realizadas diversas visitas de campo, para acompanhamento do preenchimento *online* da CTR pelos operadores e avaliações do gerenciamento de resíduos no canteiro de obras.

Por meio de entrevistas espontâneas e acompanhamento do preenchimento online da CTR, constatou-se que os operadores do Sistema WM, os almoxarifes, não encontraram dificuldades no preenchimento *online*. Todos relataram levar menos tempo para o preenchimento da CTR do Sistema WM do que a CTR física da empresa.

Esse fato é importante para viabilizar a ferramenta CTR, uma vez que atende ao requisito de que o uso do sistema não deve exigir mais tempo do que o uso dos documentos tradicionais.

Porém, houve dificuldade dos operadores em avaliar a qualidade da segregação dos resíduos em uma caçamba, pois geralmente não estavam seguros sobre a classificação dos resíduos.

Apesar de afirmarem que sempre verificavam o conteúdo de todas as caçambas antes da destinação, em visita a obra A, observou-se que diversas caçambas não foram avaliadas pelo operador designado e sim pelo motorista da empresa transportadora, que não estava treinado para realizar essa atividade. Isso implica negativamente na qualidade dos dados coletados.

É necessário treinamento constante sobre a classificação dos resíduos e a importância do preenchimento correto da CTR do Sistema WM, uma vez que os dados são usados para gerar as informações de gerenciamento de resíduos.

A inconstância do serviço de internet foi relatada como um complicador do uso do sistema, que em algumas ocasiões não foi usado por falta de sinal. Essa limitação do sistema WM deverá ser enfrentada com o desenvolvimento de uma CTR *Offline*, ou seja, sem necessidade de conexão à internet.

Na obra A, acrescentou-se novo funcionário, designado especificamente para a segregação e acondicionamento dos resíduos da obra, mas o cargo não existia na fase de compreensão.

Durante as visitas, foram observados aspectos do canteiro de obras relevantes para a gestão de resíduos sólidos. Observou-se em diversas ocasiões desperdício de material, conforme a figura 41. Verificou-se também uma melhora significativa da qualidade da segregação dos resíduos e da organização das baias de segregação.

Figura 41 - Exemplo de desperdício de matéria-prima – tijolos não utilizados quebrados e grande quantidade de gesso.



Fonte: elaborado pelo autor.

A figura 42 ilustra a excelente segregação de resíduos Classe D, em caçambas e baias específicas. Contudo, ao confrontar a imagem com as informações apresentadas pelo sistema, verifica-se que em nenhum momento foi declarada a destinação de resíduos classe D, sugerindo que a destinação resíduos dessa classe não estava sendo objeto de preenchimento da CTR.

Figura 42 - Resíduos classe D bem segregados e acondicionados.



Fonte: elaborado pelo autor.

A mesma situação foi encontrada para resíduos de madeira, os quais estavam muito bem segregados, conforme ilustra a figura 43, mas não foram registrados em CTRs em nenhum momento do período estudado, indicando uma falha operacional no preenchimento deste documento.

Figura 43 - Resíduos de madeira bem segregados e acondicionados



Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto aos resíduos recicláveis, a figura 44, imagem 1, indica que a qualidade da segregação melhorou significativamente nas duas obras, sobretudo na obra A, que na fase de compreensão nem apresentava a segregação ou destinação desses resíduos.

Para os resíduos de argamassa, figura 44 imagem 2, a qualidade da segregação também está boa, contudo, em a grande quantidade gerada, corroborando como os resultados apresentados pelo sistema WM.

Figura 44 - Resíduos recicláveis (papelão) e de argamassa bem segregados e acondicionados.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na figura 45, imagem 1, há mistura de resíduos na área do canteiro de obras. Em vez de promover a segregação no momento do descarte, esses resíduos ainda terão que ser separados para que haja adequada destinação.



Tal situação implica em designar um funcionário especificamente para realizar a segregação dos resíduos ou destinar resíduos não segregados.

A figura 45, imagem 2, mostra um exemplo de caçamba com resíduos muito misturados, que não poderão ser reciclados facilmente e deverão ser descartados em aterro como rejeitos de construção civil.

O risco de destinar resíduos de classes diferentes misturados em uma mesma caçamba para empresas sem licença ambiental específica torna-se maior, configurando-se como uma não conformidade no gerenciamento dos resíduos.

Figura 45 - Condições de limpeza do canteiro de obras e rejeitos de construção civil.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.3.3.2. Reuniões de Avaliação Crítica

Foram realizadas duas reuniões de avaliação crítica da aplicação do sistema WM, nas quais foram discutidos aspectos do funcionamento da ferramenta CTR, do gerenciamento dos resíduos sólidos e da utilidade e aplicação dos indicadores gerados pelo sistema. Estavam presentes nas reuniões o gerente de obras da empresa, dois engenheiros residentes e o coordenador de meio ambiente.

Durante as reuniões, os resultados do sistema WM foram mostrados e feitos questionamentos à equipe, conforme protocolo de reunião já discutido no capítulo de metodologia.

Ao apresentar os indicadores gerados pelo Sistema WM, todos mostraram compreender seus significados. Os indicadores Altura dos Resíduos, Custo por área construída (R\$/m<sup>2</sup>) e de qualidade de segregação (IQS) foram aceitos como indicadores úteis e compreensíveis para servirem para a gestão de resíduos da empresa.

Quanto às informações de geração e custos dos resíduos, a equipe da construtora reconheceu não ter conhecimento sobre os volumes e custos reais envolvidos no gerenciamento dos resíduos. Como na fase de compreensão, mostraram-se surpresos com o elevado custo de desperdício de matéria-prima.

Esses custos foram encarados como resultado de processos e tecnologias de construção pouco eficientes que ocasionam diretamente redução de rentabilidade da empresa. Por isso, a equipe relevou a importância desse indicador.

Para verificar a origem das estimativas de custos, foram apresentados os valores de matéria-prima cadastrados. Os valores de argamassa, concreto e piso cerâmico foram ajustados, mas influenciaram pouco nos resultados finais apresentados, confirmando resultados iniciais.

Também foi debatida a distorção causada pelo resíduo de terra nos resultados dos indicadores. Concluiu-se que resíduos de terra devem ser considerados separadamente nos indicadores, por não fazerem parte do processo de construção do edifício propriamente dito, já que não dependem do desempenho do engenheiro e sua equipe e sim de características do terreno.

Sobre a alta geração de piso cerâmico da obra B, verificou-se que no período considerado houve realmente geração em maior quantidade, por conta dos trabalhos de acabamento dos banheiros e do controle de qualidade. Contudo, a geração foi em quantidade menor do que a declarada.

A distorção dos resultados ocorreu porque o sistema não leva em consideração a mistura de resíduos dentro da caçamba e considera somente o resíduo predominante para o cálculo do custo. Essa é uma limitação encontrada no sistema, que deve ser aprimorado para considerar as imprecisões da composição dos resíduos dentro de uma caçamba no cálculo do custo de matéria-prima e volume gerado.

Diante das informações apresentadas, a equipe foi questionada sobre quais seriam os aspectos considerados por eles como mais relevantes para a

gestão de resíduos. Chegou-se a um consenso de que são tantos os custos envolvidos e quanto os riscos de não conformidades legais que podem gerar penalidades e ameaçar a imagem da empresa.

Em discussão sobre a avaliação do desempenho do gerenciamento dos resíduos, todos afirmaram realizar uma avaliação qualitativa, por meio do check-list da empresa, já apresentado na fase de compreensão. Entretanto, revelaram que não possuem objetivos e metas definidos e mensuráveis para o gerenciamento de resíduos.

Os indicadores gerados pelo Sistema WM mostraram-se capazes de utilização para a definição de metas. Porém, para a definição de metas efetivamente realizáveis, é necessário ter maior conhecimento sobre o comportamento dos indicadores ao longo de todo o período de uma obra. O período de quatro meses não foi suficiente para definir metas.

A grande variação de geração e de custos no curto período estudado evidencia a necessidade de estudar períodos completos da construção de um edifício para traçar estratégias e metas para o gerenciamento dos resíduos.

Segundo os engenheiros residentes o sistema de indicadores ajudou a trazer foco para a gestão de resíduos, pois trouxe critérios claros, analíticos, que permitem a tomada de ações de melhoria. Segundo um dos engenheiros, quando se enxerga um desperdício significativo, deve-se melhorar técnicas e processos da construção.

Para o gestor ambiental, o sistema pode ajudar a focar no programa de educação ambiental, ressaltando os pontos falhos, oportunidades de melhoria e responsabilidades específicas. Também pode reduzir o tempo de trabalho burocrático de conferência de CTRs manuais e focar mais em treinamentos e melhoria de processos do gerenciamento dos resíduos.

Sobre os indicadores de segregação na fonte, ratificaram que a avaliação visual da segregação na fonte é subjetiva e pode trazer resultados não verdadeiros. Outras ferramentas para a avaliação da qualidade da segregação devem ser criadas. Contudo, a qualidade da segregação é requisito fundamental para o gerenciamento dos resíduos.

Quanto à ferramenta de Alertas, todos alegaram não saber que resíduos como lâmpadas fluorescentes e embalagens de agrotóxicos teriam sido enviados misturados com outros resíduos, demonstrando a utilidade da



ferramenta para a tomada de ações corretivas e melhoria de segregação dos resíduos.

Ao longo do processo de pesquisa, enquanto as informações eram disponibilizadas à equipe da construtora, espontaneamente, foram tomadas providências pelas equipes da construtora em busca de melhorar o gerenciamento dos resíduos. Em nenhuma reunião ou visita, o pesquisador orientou ou solicitou alguma ação específica de melhoria no gerenciamento dos resíduos.

A equipe concordou que as novas informações sobre gerenciamento de resíduos levaram a questionamentos sobre aspectos da obra que não eram feitos anteriormente e assim puderam se tornar ações concretas para melhoria da construção e da gestão de resíduos. Os engenheiros relataram ter dedicado algum tempo ao gerenciamento dos resíduos enquanto anteriormente não dedicavam tempo algum à atividade.

Diante das novas informações, a equipe foi motivada a tomar providências de melhoria espontaneamente. Conforme relatado nas reuniões de avaliação crítica, as melhorias realizadas foram:

- ✓ Recadastramento e atualização de todos os transportadores/destinatários e suas respectivas licenças ambientais;
- ✓ Revisão do contrato com coletor de resíduos recicláveis para que aumentasse a frequência de coleta;
- ✓ Criação do cargo de agentes ambientais nas obras, para promover a segregação dos resíduos e educação ambiental;
- ✓ Contratação de dois estagiários em gestão ambiental para apoiar o gestor ambiental;
- ✓ Reestruturação das baias de armazenamento de recicláveis, triagem e logística de resíduos para a obra A;
- ✓ Solicitação de autorização por parte do almoxarife (operador do sistema WM) ao gestor ambiental, para contratação de empresa transportadora de resíduos (antes da implantação do sistema a contratação era feita sem consultar o gestor ambiental);

- ✓ Em avaliação dos requisitos de licenciamento, um transportador teve seu cadastro recusado por não ter licença ambiental.

#### **4.4. Resultados e Proposição Final**

A análise final deste ciclo de trabalho teve como objetivo identificar as contribuições para o gerenciamento dos resíduos e propor um sistema de monitoramento e controle da gestão de resíduos sólidos de construção civil.

O protótipo de sistema informatizado de monitoramento e controle de resíduos de construção civil possibilitou gerar novas informações sobre a gestão de resíduos, anteriormente não disponíveis para as construtoras.

A construção das informações apresentadas seguiu o critério de coletar dados em operações já existentes na empresa sem criar novas operações, conforme indicam Meireles (2004) e Oliveira (2008).

Por força de lei, o CTR e os cadastros já existiam dentro das empresas de construção civil e se mostraram capazes de gerar informações que abrangem os principais aspectos da gestão de resíduos: custo, quantidade, e qualidade da segregação.

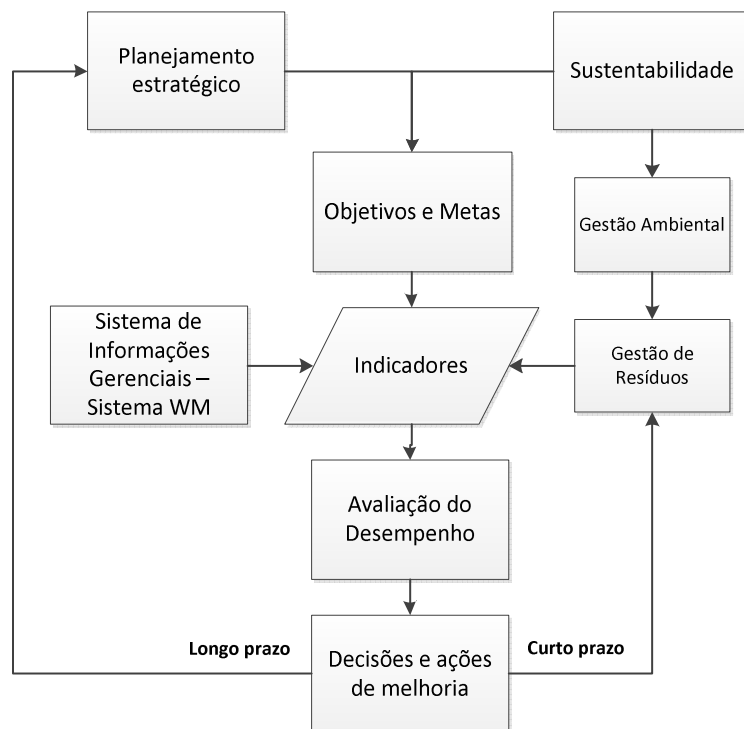
A CTR do sistema WM também se mostrou capaz de substituir a CTR física, pois não demora mais tempo para ser preenchida e pode ser utilizada por pessoas com pouca habilidade em informática. Porém, deve contar com infraestrutura mínima: internet funcionando, computador e impressora.

De acordo com recomendações de Oliveira (2008), todos da empresa devem desenvolver competências para utilizar o sistema WM, desde o nível operacional, até o tático e estratégico. Para tanto, devem ser treinados para preencherem a CTR corretamente e avaliarem as informações disponibilizadas pelo sistema. Mais importante, o treinamento deve fornecer conhecimento suficiente para que as informações sejam efetivamente utilizadas na tomada de decisões.

A ferramenta Recebimento mostrou-se limitada para integrar o sistema de monitoramento e controle, devido à necessidade de envolver os destinatários dos resíduos no uso do sistema. Desta forma, a ferramenta deve integrar o sistema somente se houver participação dos destinatários.

De modo geral, foi possível compreender a função de um sistema de informações gerenciais na geração de informações de gerenciamento dos resíduos e como essas informações podem ser utilizadas por uma empresa construtora, desde a definição de estratégias de sustentabilidade até a gestão ambiental e a implantação do gerenciamento dos resíduos. A figura 46 apresenta de forma gráfica a interação entre todos estes fatores.

Figura 46 - Fluxograma do processo da gestão de resíduos sólidos apoiado no Sistema WM.



Fonte: elaborado pelo autor.

O Sistema WM de monitoramento e controle da gestão de resíduos sólidos de construção civil pode ser sintetizado conforme apresenta o quadro 16, partindo-se de dados brutos, para a construção de dados agregados, indicadores e índices, (BELLEN, 1997 apud HAMMOND et al. 1995).

As informações na linha de Dados Agregados da figura 47 são úteis para se conhecer os valores envolvidos na gestão de resíduos. Entretanto, tem os cálculos são limitados a somente o resíduo predominante dentro da caçamba e não outros resíduos eventualmente misturados dentro da caçamba. Essa

limitação impacta principalmente o computo dos custos de desperdício de matéria-prima.

Sempre na linha de Dados Agregados, as informações geradas pelas não conformidades detectadas, também podem ser usadas para avaliar a qualidade da segregação dos resíduos na fonte, uma vez que as não conformidades são causadas por mistura de resíduos. Assim, uma relação entre não conformidades e avaliação da qualidade da segregação pode integrar o Indicador de Qualidade da Segregação (IQS).

Na linha de Indicadores do figura 47, os indicadores mostraram-se suficientes para integrarem o sistema de monitoramento e controle da gestão de resíduos. Ressalta-se que os indicadores devem ser utilizados sem considerar resíduos de terra.

Na linha seguinte, os indicadores são confrontados com uma meta e os resultados geram os Indicadores de eficácia (IEGR). Não foram abordados indicadores de eficiência e efetividade, conforme sugere a literatura.

O Índice de Qualidade do Gerenciamento dos Resíduos (IQGR) conclui a proposta do sistema de monitoramento e controle de resíduos sólidos de construção civil, traduzindo todos os resultados em um número sintético, que é a combinação de diversas variáveis.

Dessa forma, o sistema proposto, foi capaz de gerar indicadores que permitem a comparação da gestão de resíduos entre obras, engenheiros e construtoras, com o atingimento de metas e de conformidades legais para todos os aspectos fundamentais da gestão de resíduos.

A escala de indicadores da figura 47 foi relacionada aos diferentes níveis de influência dentro de empresas: operacional, tático e estratégico, conforme recomenda Oliveira (2008), de maneira que cada nível receba a informação necessária para seu nível de decisão.

Para o sistema ser efetivo, a empresa deverá estabelecer suas metas e objetivos para a gestão de resíduos em seu planejamento estratégico e distribuir as informações geradas coerentemente entre os diversos níveis hierárquicos da empresa, respeitando os interesses de cada um.

Visto os custos envolvidos no gerenciamento dos resíduos e a relevância que tem para os resultados das construtoras, deve ser iniciado um processo de aprimoramento da gestão de resíduos que promova mudanças de

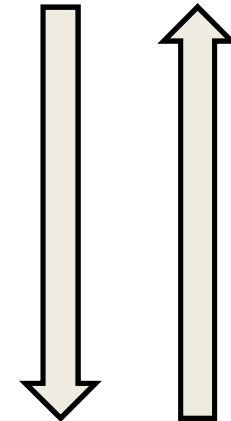
processos nas mais diferentes áreas da empresa, sobretudo na gestão do canteiro de obras.

Com a conclusão do trabalho executado por um período de quatro meses foi possível atingir o nível de informação sobre o gerenciamento dos resíduos. Para que evolua para um nível de conhecimento e estratégia é preciso aplica-lo por períodos mais longos e em mais obras.

Figura 47: Quadro esquemático da proposta de indicadores para sistema informatizado de monitoramento e controle da gestão de resíduos sólidos de construção civil para construtora.

PROPOSTA DE SISTEMA INFORMATIZADO DE MONITORAMENTO E CONTROLE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA CONSTRUTORAS								
SIG						INFLUÊNCIA		
Índice de Qualidade da Gestão dos Resíduos (IQGR)	Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos (IQGR)					ESTRATÉGICO		
Indicadores de eficácia (IEGR)	IEGR para Altura dos Resíduos (cm)		IEGR para Custo por área (R\$/m <sup>2</sup> )	IEGR para Indicador de qualidade da segregação (IQS)		ESTRATÉGICO E TÁTICO		
Indicadores	Altura dos Resíduos (cm)	Custo por área (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo por volume gerado (R\$/m <sup>3</sup> )	Indicador de qualidade da segregação (IQS)		TÁTICO		
Dados agregados	Volume de Resíduos (m <sup>3</sup> )	Massa de Resíduos (kg)	Custo de Matéria-Prima	Custo de Transporte	Custo de Destinação	Qualidade da Segregação dos Resíduos	Não Conformidades do Gerenciamento dos Resíduos	TÁTICO E OPERACIONAL
Fontes de dados	Ferramenta de Controle de Transporte de Resíduos		Ferramenta de Recebimento de Resíduos	Cadastro das obras	Cadastro dos Transportadores	Cadastro dos Destinatários	OPERACIONAL	

- Informações sintéticas
- Decisões estratégicas
- Visão abrangente
- Sustentabilidade



- Detalhamento da informação
- Decisões táticas e operacionais
- Maior conhecimento sobre os fenômenos estudados
- Implementação do PGRS

Fonte: o autor

## 5. CONCLUSÕES

Com a presente pesquisa obteve-se os meios para gerar informações de gerenciamento de resíduos em empresas de construção civil, que permitem uma avaliação do desempenho do gerenciamento dos RCC e facilitam decisões gerenciais.

Dentre as diversas fontes de dados avaliadas verificou-se que o Controle de Transporte de Resíduos Sólidos (CTR) é uma fonte de dados viável para a gestão de resíduos sólidos, por gerar todos os indicadores de gestão de resíduos sólidos necessários sem criar processos novos, e sim aprimorando processos existentes.

Os cadastros de transportadores/destinatários de resíduos com suas respectivas licenças ambientais, o cadastro de resíduos e o cadastro das obras, também são fontes de dados importantes e complementam as informações obtidas com a CTR.

Verificou-se que as informações necessárias para avaliar o desempenho da gestão de resíduos sólidos são dados agregados, indicadores e índices que informam sobre quantidade gerada, custos envolvidos e qualidade da separação dos resíduos sólidos de construção civil.

Os indicadores, Altura dos Resíduos (cm), Custo por área construída (R\$/m<sup>2</sup>) e de qualidade da segregação (IQS) foram capazes de parametrizar as informações de gestão de resíduos, permitindo a comparação de resultados entre diversas obras simultaneamente e definição de metas mensuráveis e aferíveis para a gestão de resíduos, representadas pelos Indicadores de Eficácia do Gerenciamento dos Resíduos (IEGR);

O Índice de Qualidade do Gerenciamento dos Resíduos (IQGR) foi capaz de agregar diferentes aspectos da gestão de resíduos em um índice, considerando os resultados obtidos e metas propostas. Este índice foi compreendido pela equipe da construtora e avaliado como possível de ser utilizado, desde que se estabeleçam metas para a gestão de resíduos.

Estas informações geradas pelo sistema WM se mostraram capazes de auxiliar decisões gerenciais e ações de melhoria para a gestão de resíduos uma vez que diversas ações de melhoria foram tomadas voluntariamente em função das novas informações geradas.

O Sistema WM permitiu obter informações de gerenciamento de resíduos de forma sistemática e contínua, por meio de um sistema informatizado para o preenchimento da CTR e elaboração de cadastros.

Permitiu a coleta sistemática de dados uma vez que impõe um método para o preenchimento da CTR que deve ser seguido por todos os operadores de todas as obras. Também permitiu a coleta contínua e organizada dos dados para que sejam processados e transformados em informações úteis para o gerenciamento de RCC.

Para que o sistema seja efetivo, deve-se levar em consideração que os usuários do sistema devem ser continuamente treinados para serem capazes de operar e interpretar as informações fornecidas pelo sistema.

Tais informações serão úteis se a empresa construtora compreender seu significado e importância para melhoria de seus processos. As implicações dessas melhorias poderão então ultrapassar os limites da gestão dos resíduos e influenciar decisões como definição de métodos construtivos, compra de materiais que geram menos resíduos, ou investimentos em capacitação de seus operários.

O sistema WM é então uma ferramenta para empresas construtoras que desejam estar em linha com as melhores práticas de gestão de resíduos, obtendo um novo nível de compreensão de suas implicações nos resultados finais da empresa, como custos, riscos e imagem.



## 6. RECOMENDAÇÕES E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

Os resultados e conclusões desta pesquisa de mestrado são importantes para o desenvolvimento mais sustentável da indústria da construção civil e dão uma pequena contribuição para o conhecimento científico sobre o gerenciamento de RCC.

Espera-se que o setor acadêmico e a indústria da construção civil possam continuar a desenvolver e aplicar esse conhecimento. A seguir são apresentados possíveis desdobramentos futuros e recomendações sobre tema pesquisado:

- Para o sistema ser efetivo a empresa construtora deve entender a sustentabilidade e a gestão dos resíduos como atividades estratégicas, fundamentais para a sua sobrevivência no longo prazo.  
A partir disso, o software permitirá que as empresas construtoras sejam protagonistas no desenvolvimento das melhores estratégias (viabilidade econômica e meio ambiente) para a gestão de seus resíduos, eventualmente influenciando decisões sobre métodos construtivos, compra de materiais, capacitação de seus profissionais, entre outras ações;
- O sistema WM e o conjunto de indicadores propostos devem ser aplicados em uma escala maior, considerando toda a empresa construtora e não somente duas obras. Para avaliar o impacto do sistema WM nas decisões estratégicas e de longo prazo da empresa construtora, a alta diretoria deve ser envolvida e capacitada para utilizar os indicadores;
- O Sistema WM deve ser aplicado por um período mais longo, a fim de avaliar uma obra do início ao fim e compreender o comportamento dos indicadores durante toda uma obra;
- O Sistema WM fornece informações gerenciais importantes, mas as mudanças dependem das pessoas, sendo preciso pensar em como

fazer para as pessoas utilizarem as informações da melhor maneira possível a fim de obter os melhores resultados;

- Os indicadores devem ser aprimorados e consolidados com outros profissionais da área ambiental e de construção civil, a fim de que seja utilizado extensivamente;
- Profissionais da área ambiental, especializados na gestão de resíduos sólidos de construção civil devem ser capacitados para que possam implantar e operar o sistema WM em outras empresas, multiplicando o conhecimento e uso do sistema;
- Apesar de ter atendido ao requisito de ser simples e fácil de utilizar por pessoas não proficientes em informática, o sistema WM pode ser aperfeiçoado a fim de torná-lo um produto com interface mais amigável e intuitiva para que seja mais facilmente aceito pelo mercado;
- O sistema WM pode ser testado em toda a cadeia do ciclo de vida do resíduo, desde que se consiga a adesão dos transportadores e destinatários dos RCC;
- O Sistema WM pode ser ampliado para a cadeia de produtos de logística reversa, permitindo o rastreamento dos resíduos no caminho reverso do seu ciclo de vida.
- A gestão de resíduos apoiada em um sistema informatizado pode evoluir para um sistema de gestão da sustentabilidade, com o qual seria capaz de gerar informações sobre sustentabilidade coletando e processando dados existentes dentro das empresas, gerados por outros setores como financeiro, compras, marketing, produção, entre outros.

## 7. REFERÊNCIAS

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2010**. São Paulo: Abrelpe, 2010.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2011**. São Paulo: Abrelpe, 2012.

BARBIERI, J.C; JABBOUR, C.J; SANTOS, F.C; Gestão Ambiental Empresarial: um Levantamento da Produção Científica Brasileira Divulgada em Periódicos da Área de Administração entre 1996 e 2005. RAC. Curitiba, v. 12, n. 3, p. 689-715, Jul./Set. 2008.

BARTHOLOMEU, D.B; CAIXETA, J.V. **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011, 250p.

BELLEN, H.M. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007, 256p.

BRASIL, **Lei n. 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em 20 de maio de 2012.

BRASIL, **Lei n. 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 12 de setembro de 2012.

BRASIL, **Resolução Conama 307 de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos; Alterada pelas Resoluções 348, de 2004, nº 431, de 2011, e nº 448/2012. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em 20 de novembro de 2013.

BLACKBURN, W.R. **The Sustainability Handbook: The Complete Management Guide to Achieve Social, Economic and Environmental Responsibility**. Nova Iorque: Earthscan, 2007, 803p.

CARMO D.S; MAIA N.S; CÉSAR C.G; **Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012, Vol.17(2), p.187.

CEMPRE, **CEMPRE Informa Pesquisa CicloSoft**. Disponível em [http://www.cempre.org.br/ciclosft\\_2010.php](http://www.cempre.org.br/ciclosft_2010.php). Acesso em 17 de outubro de 2012.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DO ESTADO DE SÃO PAULO: CREA-SP, Guia profissional para uma gestão correta dos resíduos da construção, São Paulo: Comissão de Meio Ambiente, 2005, 44 p.

COOPERATIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO CEARÁ, Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil: COPERCON-CE, Fortaleza, 2008, 81 p.

COSTA, D.B. **Diretrizes para Concepção, implementação, e uso de Sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas de Construção Civil.** 2003. 174p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

CECHIN, A.D. **Georgescu-roegen e o Desenvolvimento Sustentável: diálogo ou anátema?** 2008. 208f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo

CHIAVENATO, I. **Teoria Geral da Administração: abordagens prescritivas e normativas da administração.** 6 Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001, 383 p.

ESTY, C.E.; SIMMONS, P.J. **The Green to Gold Business Playbook: How to implement sustainability for bottom-line results in every business function.** New Jersey: John Wiley e Sons, 2011, 440 p.

FIREMAN, Marcus Costa Tenório. **Proposta de método de controle integrado da produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por *making-do* e retrabalho.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

FREITAS, C.G; BRAGA, T.O; BITAR, O.Y; FARAH. F; **Abordagem Integrada em Empreendimentos de Interesse Social.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estadod e São Paulo - IPT, 2001, 227p.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. **Conjunto de Protocolos de Indicadores: EN.** Disponível em <https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>; acesso em 15/09/2012

GRONDZIK, W.T; KWOK, A.G; **Manual de Arquitetura Ecológica.** 2 Edição. Porto Alegre: Bookman, 2013, 422p.

HOFFMAN, G.C.; MARQUES, N.P.; GALVÃO, W.A.; Castro M.C. **Importância da Implantação de um Sistema Integrado de Gestão (SIG) para Obtenção de Selos e Certificações Ambientais no Ramo da Construção Civil – Estudo de Caso com Empresa de Construção Civil de Goiânia/GO.** VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. ISSN 1984-9354. 2012.

HOFFMAN, A.J; BANSAL, P. **The Oxford Handbook of Business and The Natural Environment.** Oxford: Oxford University Press, 2012, 698p.

HARRINGTON, H.J.; KNIGHT, A. **A Implementação da ISO14000: Como Atualizar o SGA com Eficácia.** São Paulo: Atlas, 1999

HITCHCOCK, D.; WILLARD, M. **The business guide to sustainability: practical strategies and tools for organizations.** Washington DC – London: Earthscan, 2009, 292 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção, 2011**. Rio de Janeiro, 2013. v.21. 98p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Brasília, 2012. 34p.

JUNIOR, I. M.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. **Gestão da Qualidade**. 9ª Edição. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003. 197p.

KAPLAN, S.R; NORTON, D.P. **A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard**. Trad. sob direção de Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997, 343 p.

KWOK, A.G.; GRONDZIK, W.T. **Manual de Arquitetura Ecológica**. Trad. técnica: Alexandre Salvaterra. 2 Edição. Porto Alegre: Bookman, 2013, 422 p.

LAZLO, C.; ZHEXEMBAIYEVA, N. **Embedded Sustainability: The Next Big Competitive Advantage**. California: Stanford University Press, 2011, 269p.

MATTOS, A.C.M. **Sistemas de Informação: uma visão executiva**. São Paulo: Saraiva, 2005, 223p.

MAXIMILIANO, A.C.A. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2012, 480p.

MEIRELES, M. **Sistemas de Informação: Quesitos de excelência dos sistemas de informação operativos e estratégicos**. Segunda edição. São Paulo: Arte e Ciência, 2004, 146p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2012

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Manual para Implantação de Sistema de Informação de Gestão de Resíduos Sólidos em Consórcios Públicos**. Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Agenda 21 brasileira : ações prioritárias / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2. ed. Brasília, 2004. 158 p.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO, **Melhoria da Gestão Pública Por Meio da Definição de um Guia Referencial Para Medição do Desempenho da Gestão e Controle para o Gerenciamento dos Indicadores de Eficiência, Eficácia de Resultados do Programa Nacional de Gestão e Desburocratização**. Brasília, 2009

MIRANDA, L.F; ANGULO, S. C.; CARELI, E.D; A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 10007**: fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 14031**: Gestão Ambiental – Avaliação de desempenho ambiental - Diretrizes. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

OLIVEIRA, D.P.R.; **Sistemas de informações gerenciais: estratégias, táticas, operacionais**. Ed. Atlas, São Paulo, 2008, 299p.

PWC, PricewaterhouseCoopers. **Guia de orientação para adequação dos Municípios à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - 2011** Disponível em: < [http://www.selurb.com.br/upload/Guia\\_PNRS\\_11\\_alterado.pdf](http://www.selurb.com.br/upload/Guia_PNRS_11_alterado.pdf)>; Acesso em 20 de abril de 2012.

PALVARINI, BRUNO. **Guia Referencial de Mensuração do Desempenho da Gestão Pública**. III Congresso Consad de Gestão Pública. Disponível em: <http://www.consad.org.br/sites/1500/1504/00001868.pdf>; acesso em 03 de setembro de 2012.

POLAZ, CARLA; TEIXEIRA NASCIMENTO. **Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão Municipal de Resíduos Sólidos Urbanos: Um Estudo para São Carlos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol.14, p.411-420, 2009.

PINTO, T.P.; **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

PWC, PricewaterhouseCoopers. **Guia de orientação para adequação dos Municípios à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - 2011** Disponível em: < [http://www.selurb.com.br/upload/Guia\\_PNRS\\_11\\_alterado.pdf](http://www.selurb.com.br/upload/Guia_PNRS_11_alterado.pdf)>; Acesso em 20 de abril de 2012.

QUIRINO, W. F. et al. **Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos**. 2004 – Disponível em [http://www.renabio.org.br/arquivos/p\\_poder\\_lignocelulosicos\\_11107.pdf](http://www.renabio.org.br/arquivos/p_poder_lignocelulosicos_11107.pdf); acesso em 22 de abril de 2012.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. DEPARTAMENTO REGIONAL DO PARANÁ, OBSERVATÓRIO REGIONAL BASE DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE. **Construção e Análise de Indicadores**. SESI-PR, Curitiba: [s.n.], 2010. 108 p. : il. ; 21 cm.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2008, 495 p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO: SINDUSCON, **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: A experiência do SindusCon-SP**, São Paulo: Sinduscon – SP, 2005, 48 p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE MINAS GERAIS: SINDUSCON-MG; SENAI-MG **Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil**. 3º. Ed. Rev. e Aum. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2008. 72p

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL: SINDUSCON-DF Programa Entulho Limpo (1 etapa) – Coleta Seletiva: Uma forma racional de tratar os resíduos sólidos gerados nos canteiros de obra.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE MINAS GERAIS: SINDUSCON-CE *Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil*. Fortaleza: SINDUSCON-CE, 2011. 43 p.

TURBAN, E.; RAINER, R.K.; POTTER, R.E.; **Introdução a sistemas de informações: uma abordagem gerencial**. Trad. Daniel Vieira. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, 364 p.

YIN, R.K **Estudo de caso: planejamento e métodos**. trad. Daniel Grassi - 2.ed. - Porto Alegre : Bookman, 2001. 205P.

[http://www.city.toyota.aichi.jp/division/ae00/ae12/1193808/h24\\_p.pdf](http://www.city.toyota.aichi.jp/division/ae00/ae12/1193808/h24_p.pdf) acesso em 25 de maio de 2012

<http://www.geek.com.br/posts/15411-entenda-a-energia-nuclear-a-fonte-energetica-que-pode-ser-a-salvacao-e-a-destruicao-da-humanidade> acesso em 25 de maio de 2012

<https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/2013-GRI-Global-Conference-in-Review.pdf> em 04/07/2013

<http://teamssoftware.wordpress.com/2011/05/19/sistemas-de-informaes-gerenciais-sig/> , Acesso em 10 de setembro de 2013.