

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO
DE BELO HORIZONTE – MG**

Renata Franco Lúcio

Belo Horizonte
2013

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO
DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – MG**

Renata Franco Lúcio

Renata Franco Lúcio

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO
DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Meio Ambiente

Linha de Pesquisa: Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Orientador: Professor Gustavo Ferreira Simões

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2013

L938d Lúcio, Renata Franco
Diagnóstico do sistema de gerenciamento de resíduos de construção e
demolição no município de Belo Horizonte - MG [manuscrito] / Renata Franco
Lúcio. - 2013.
xi, 121 f., enc.: il.

Orientador: Gustavo Ferreira Simões.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
Engenharia.

Bibliografia: f.: 117-121.

1. Resíduos sólidos - Teses. 2. Políticas públicas - Teses. 3. Meio ambiente -
Teses. 4. Construção civil - Teses. I. Simões, Gustavo Ferreira. II. Universidade
Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628.54 (043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Avenida Antônio Carlos, 6627 - 4º andar - 31270-901 - Belo Horizonte - BRASIL

Telefax: 55 (31) 3409-1882 - posgrad@desa.ufmg.br

http://www.smarh.eng.ufmg.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Diagnóstico do Sistema de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição
no Município de Belo Horizonte - MG

RENATA FRANCO LÚCIO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. GUSTAVO FERREIRA SIMÕES - Orientador

Profa LISÉTE CELINA LANGE

Profa SONALY CRISTINA REZENDE BORGES DE LIMA

Prof. CÍCERO ANTÔNIO ANTUNES CATAPRETA

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Prof. Juliana Calábria de Araújo
Coordenadora

Versão Final aprovada por

Prof. Gustavo Ferreira Simões
Orientador

Belo Horizonte, 27 de agosto de 2013.

AGRADECIMENTOS

A todos os docentes e discentes do curso de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), pelos conhecimentos transmitidos. Principalmente à Profa. Lisete Lange pelos primeiros contatos e recepeção no departamento.

Ao Prof. Gustavo Simões pelo companheirismo e orientação.

À Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano e à Secretaria Municipal Adjunta de Regulação Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte pelos dados fornecidos;

À Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte pelas informações disponibilizadas, pela cooperação, apoio e constante troca de idéias, em especial ao Cícero Antônio Antunes Catapreta e ao Joaquim da Costa Pereira;

À PRODABEL, principalmente ao Felipe Antônio Carneiro pela receptividade e boa vontade sempre que requisitado.

Ao Brenner H. Maia Rodrigues pela atenção e apoio constantes no desenvolvimento dos estudos relacionados à definição dos locais propensos para implantação de áreas de triagem e transbordo e a utilização do *software ArcGIS*.

Por fim, agradeço toda a minha família, principalmente, ao Henrique Silva por sempre me ajudar nas horas difíceis da minha caminhada.

Muito obrigada a todos.

RESUMO

A urbanização acelerada e o rápido adensamento das cidades trazem à tona problemas relacionados à intensificação da geração de resíduos sólidos. A sociedade, os pesquisadores e o poder público têm voltado seus esforços para enfrentar as dificuldades encontradas para o manejo, tratamento e disposição adequada desses grandes volumes de resíduos produzidos. Neste contexto, destacam-se os resíduos da construção civil (RCC), uma vez que, em geral, representam uma grande parcela dos resíduos sólidos gerados no meio urbano. Um dos principais impactos enfrentados pelos municípios em relação aos resíduos da construção civil está associado à disposição irregular das enormes quantidades produzidas e aos gastos por parte da administração pública com modelos de gestão corretivas. Essa situação pode ser atribuída à ausência de políticas públicas específicas para tratar a gestão e o gerenciamento dos RCC ou ainda pelo descumprimento dessas. Com o objetivo de contribuir nesta área de conhecimento, a presente pesquisa teve por finalidade estudar a situação atual e a evolução do sistema de gerenciamento integrado de RCC no município de Belo Horizonte - MG. Dessa forma, foi realizado um diagnóstico por meio de três etapas de estudo: contextualização dos indicadores básicos locais, análise da geração de RCC e análise dos equipamentos públicos envolvidas no gerenciamento dos RCC. Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que o município de Belo Horizonte possui uma boa estrutura dedicada para o gerenciamento de resíduos da construção civil, de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002, no entanto algumas adaptações mostraram-se necessárias. Além disso, esta pesquisa propôs e implementou uma metodologia expedita para definição de locais propensos à instalação de áreas de triagem e transbordo, a qual se mostrou eficiente quanto ao objetivo proposto. Foram apresentadas algumas limitações a partir da aplicação da metodologia sugerida, o que não invalida sua utilização enquanto análise preliminar.

Palavras chave: Resíduos sólidos, Resíduos da Construção Civil, Resíduos de Construção e Demolição, Gerenciamento, Área de triagem e transbordo, Políticas Públicas.

ABSTRACT

The accelerated urbanization and the fast crowding of cities bring up issues related to the intensification of solid waste generation. The society, researchers and government have turned their efforts to address the difficulties encountered in management, treatment and proper disposal of the large volumes of wastes produced. In this context, the construction and demolition waste (RCD) is highlighted since, in general, it represents a large portion of the solid waste generated in urban areas. The main impacts faced by municipalities regarding construction and demolition waste is associated with irregular disposal of huge quantities produced and public administration expenses with corrective models of waste management. This situation can be attributed to the absence of specific public policies to address the RCD management or for noncompliance of the existing ones. Aiming to contribute to this area of knowledge, the goal of this research was to study the current situation and the evolution of the integrated management of RCD in the city of Belo Horizonte - MG. Therefore, a diagnosis was performed through three phases of study: local contextualization of basic indicators, quantitative characterization and analysis of public facilities involved in the management of RCD. Based on the results, it was verified that the city of Belo Horizonte has a good structure dedicated to management of RCD, in accordance with the requirements of CONAMA Resolution n°. 307/2002, however some adjustments showed to be necessary. Furthermore, this research proposed and implemented a simple methodology for rapid definition of appropriate sites to install waste screening and transshipment areas, which proved efficient as the proposed objective. Some limitations of the suggested methodology were presented, which does not invalidate its use as a preliminary analysis.

Keywords: Solid Waste, Construction Waste, Construction and Demolition Waste, Management, Waste Screening and Transshipment Areas, Public Policy.

SUMÁRIO

Resumo	ii
Abstract	iii
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	ix
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos.....	x
1 Introdução.....	1
2 Objetivos	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 Revisão bibliográfica.....	5
3.1 A Indústria de Construção Civil	5
3.1.1 Cadeia produtiva da construção civil e o meio ambiente	5
3.1.2 Os números na construção civil.....	9
3.1.3 Perdas e desperdícios de materiais na construção civil	11
3.2 A Gestão e o Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil.....	13
3.2.1 Gestão corretiva e gestão diferenciada	14
3.2.2 Composição dos resíduos da construção civil	17
3.2.3 Análise da geração dos resíduos da construção civil.....	19
3.2.4 Sistemas de coleta e transporte.....	23
3.2.5 Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT)	25
3.2.6 Reciclagem de RCC	27
3.2.6.1 Áreas de reciclagem.....	28
3.2.6.2 O processo de reciclagem	32
3.2.6.3 Uso de Material Reciclado	35
3.2.7 Disposição final	37
3.2.7.1 Disposição irregular.....	37
3.2.7.2 Destinação final adequada.....	41
3.3 Geoprocessamento, Análise Espacial e Estudo de Localização	42
3.3.1 Conceito e definições	42
3.3.2 Aplicações	44
3.3.2.1 Análise espacial	44
3.3.2.2 Localização de equipamentos públicos	50
3.4 Marcos regulatórios e Normatizações Vigentes.....	54

3.4.1	Contexto federal	54
3.4.2	Contexto estadual	60
3.4.3	Contexto Municipal	60
3.4.4	Normas técnicas.....	63
4	Metodologia	64
4.1	Indicadores Básicos sobre o Município	64
4.2	Análise de Geração dos Resíduos da Construção Civil	65
4.3	Avaliação da Rede de Gerenciamento de RCC no município.....	67
4.4	Definição de Áreas Propensas à implantação de Áreas de Triagem e Transbordo de RCC	70
5	Resultados e discussões	80
5.1	Indicadores Básicos sobre o município.....	80
5.2	Análise da Geração dos Resíduos da Construção Civil	82
5.3	Avaliação da Rede de Gerenciamento de RCC no município.....	85
5.4	Definição de Locais Propensos à Implantação de Áreas de Triagem e Transbordo de RCC	104
6	Conclusões.....	114
	Referências bibliográficas.....	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Total de RCC Coletados por Região e Brasil	1
Figura 3.1: Elos da Produção – Esquema da Cadeia da Construção	7
Figura 3.2: Fluxograma da gestão ambiental sustentável dos RCC	14
Figura 3.3: Indicadores da Sustentabilidade da Gestão Diferenciada	16
Figura 3.4: Composição do RCD (em %) calculada pela média ponderada para a cidade de Macaé: materiais (a) e classes da CONAMA (b).	18
Figura 3.5: Origem do RCD em algumas cidades brasileira (% da massa total)	22
Figura 3.6: Ecoponto com caçambas para resíduos densos em São José dos Campos-SP	26
Figura 3.7: Baias de armazenamento de resíduos leves do Ecoponto em São José dos Campos-SP	26
Figura 3.8: Triagem da fração mineral em ATT privada na zona norte de São Paulo	26
Figura 3.9: Triagem de madeiras em ATT privada da zona norte de São Paulo.....	26
Figura 3.10: Usinas de reciclagem de RCD classe A inauguradas ao longo dos anos.....	30
Figura 3.11: Representação esquemática do funcionamento das plantas de processamento de RCC	34
Figura 3.12: Ponto de deposição de RCC junto com outros tipos de resíduos.....	38
Figura 3.13: Ponto de deposição de RCC provocando o assoreamento de um córrego no município de Bauru/SP.....	39
Figura 3.14: Fluxo de valores da gestão corretiva de RCC (preços estimados, por tonelada, base 2002).....	40
Figura 3.15: Componentes de um SIG	42
Figura 3.16: Relação entre deposições irregulares de RCC e Vazios Urbanos.....	44
Figura 3.17: Origem dos RCD coletado por transportador privado	46
Figura 3.18: Localização e porte das deposições irregulares em Santo André / SP.....	48
Figura 3.19: Localização e porte das deposições irregulares em Ribeirão Preto / SP.....	49
Figura 3.20: Localização e porte das deposições irregulares em São José dos Campos / SP	50
Figura 3.21: Ilustração de uma operação de <i>cross-docking</i> de resíduos com consolidação de carga e veículos (RSD – resíduos sólidos domiciliares, RR- resíduos recicláveis, RCC – resíduos da construção civil)	52
Figura 3.22: Localização do centro de gravidade para estação de transferência de resíduos do consórcio intermunicipal	53
Figura 3.23: Mapa de aptidão para instalação de PEV para o distrito de Cachoeira do Campo.	54
Figura 3.24: Estrutura prevista na Resolução nº 448 do CONAMA de 2012.....	59
Figura 3.25: Ilustração esquemática dos instrumentos para implementação do Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (SGRCC).....	62
Figura 4.1: Desenho esquemático das etapas da pesquisa.....	64

Figura 4.2: Mapa da localização dos equipamentos públicos envolvidos no gerenciamento de RCC no município de Belo Horizonte (ERE e URPV).....	69
Figura 4.3: Fluxograma da metodologia de definição de locais de maior propensão para implantação de ATT	71
Figura 5.1: Mapa do município de Belo Horizonte e as delimitações de suas regionais administrativas.....	80
Figura 5.2: População, em valores absolutos, de Belo Horizonte para o período de 1950 a 2010.	81
Figura 5.3: Taxa de crescimento demográfico (%) de Belo Horizonte para o período de 1991 a 2010.	81
Figura 5.4: Evolução da geração de RCC pelo monitoramento das descargas nas áreas de destino de RCC da prefeitura e por novas edificações formais.....	84
Figura 5.5: Fluxograma do gerenciamento de resíduos do município de Belo Horizonte	86
Figura 5.6: Participação (%) da massa dos resíduos da construção e demolição frente ao total de resíduos sólidos recebidos pela prefeitura de Belo Horizonte – 1999 a 2011	87
Figura 5.7: Número de novas unidades residenciais lançadas no município de Belo Horizonte para o período de 1999 a 2011	87
Figura 5.8: Estação de Reciclagem de Entulho (ERE) da BR040.....	88
Figura 5.9: Participação (%) da massa de RCC destinados à reciclagem em relação ao total de RCC recebidos pela prefeitura de Belo Horizonte– 1999 a 2011.....	89
Figura 5.10: Resíduos totais recebidos nas ERE e seus rejeitos para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2011	90
Figura 5.11: Processamento real e a capacidade de processamento de RCC da ERE Estoril, para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2011	90
Figura 5.12: Processamento real e a capacidade de processamento de RCC da ERE Pampulha, para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2011	91
Figura 5.13: Processamento real e a capacidade de processamento de RCC da ERE BR040, para o período de junho de 2006 a dezembro de 2011	91
Figura 5.14: Evolução (%) da massa de RCC recebidos em cada ERE frente a massa total de RCC destinados à reciclagem em Belo Horizonte – 1999 a 2011.....	92
Figura 5.15: Distribuição da área de baixa de construção (%) por regional administrativa – 2001 a 2011.	93
Figura 5.16: Mapas bienais de resíduos recebidos nas ERE e áreas de baixa de construção por bairro no município de Belo Horizonte para o período de 2000 a 2011 (a) Período de 200 e 2001 (b) Período de 2002 e 2003 (c) Período de 2004 e 2005 (d) Período de 2006 e 2007 (e) Período de 2008 e 2009 (f) Período de 2010 e 2011	94
Figura 5.17: Mapa de recebimento de resíduos pelas URPV para o período de 2006 a 2011, faixas de renda e vilas e favelas do município de Belo Horizonte	97
Figura 5.18: Mapa de recebimento de resíduos pelas URPV e deposições irregulares para o período de 2006 a 2011	98
Figura 5.19: Total de RCC coletados por caçambas em URPV no período de 2006 a 2011 - massa (t).....	100

Figura 5.20: Total de RCC coletados em deposições clandestinas no período de 2006 a 2011 - massa (t).....	101
Figura 5.21: Recebimento de resíduos pelas URPV por ano e por regional administrativa no município de Belo Horizonte (toneladas).....	101
Figura 5.22: Percentual de RCC no total de resíduo recebido pela URPV para as regionais Barreiro, Centro-Sul, Leste e Norte, no período de 2006 a 2011	102
Figura 5.23: Percentual de RCC no total de resíduo recebido pela URPV para as regionais Nordeste, Oeste, Pampulha, Venda Nova e Noroeste, no período de 2006 a 2011.....	102
Figura 5.24: Percentual, em massa, dos resíduos destinados pelas URPV para o período de 2006 a 2001	104
Figura 5.25: Mapa de locais propensos à implantação de ATT para o município de Belo Horizonte, com restrição de áreas de ZPAM.....	105
Figura 5.26: Mapa de locais propensos à implantação de ATT para o município de Belo Horizonte, com restrição de áreas de ZPAM, lotes edificadas e lotes vagos com área menor que 1.100m ²	107
Figura 5.27: Distribuição percentual dos locais mais propensos à implantação de ATT pelas regionais do município de Belo Horizonte	108
Figura 5.28: Áreas de alta propensão para implantação de ATT na regional Centro-Sul, bairro Belvedere.....	110
Figura 5.29: Áreas de alta propensão para implantação de ATT na regional Barreiro, bairro das Indústrias I.....	110
Figura 5.30: Localização das ERE e ATT em relação aos locais propensos obtidas a partir da aplicação da metodologia proposta	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Índices de perdas de materiais obtidos em diferentes estudos (%).....	12
Tabela 3.2: Composição, em porcentagens, do RCD de diversas cidades brasileiras.....	19
Tabela 3.3: Estimativas de geração de resíduos da construção civil	20
Tabela 3.4: Participação das reformas, ampliações e demolições no total de viagens realizadas, em vários municípios (%).....	23
Tabela 3.5: Geração e taxas de reuso/reciclagem de RCC em países da Europa e Estados Unidos.....	29
Tabela 3.6: Usinas de reciclagem de RCD classe A no Brasil até novembro de 2008	31
Tabela 3.7: Informações adicionais sobre as centrais existentes até 2004	35
Tabela 3.8: Distribuição dos custos de uma caçamba entre o gerador e a sociedade.....	40
Tabela 3.9: Porte das deposições irregulares de RCD em alguns municípios de São Paulo...	46
Tabela 3.10: Dados para cálculo de coordenadas do centro de gravidade	52
Tabela 3.11: Classificação dos Resíduos da Construção Civil vigente	58
Tabela 4.1: Base de dados utilizada.....	72
Tabela 4.2: Classificação do Total do Rendimento Nominal Mensal dos Domicílios Particulares	73
Tabela 4.3: Classificação do porte de estação de transbordo de RCC.....	74
Tabela 4.4: Zoneamento e os pesos atribuídos	75
Tabela 4.5: Localização do uso para o Grupo III, definido pelo Anexo XI da LPOUS.....	77
Tabela 4.6: Áreas de Influência das vias e seus respectivos pesos.....	78
Tabela 4.7: Faixas de área de lotes vagos do município de Belo Horizonte e seus respectivos pesos	78
Tabela 4.8: Área demandada de acordo com a capacidade de recebimento das ATT.....	78
Tabela 5.1: Taxa de coleta (%) de resíduos domiciliares por regional administrativa e para município de Belo Horizonte.....	82
Tabela 5.2: Estimativa da geração de RCC por novas edificações formais	83
Tabela 5.3: Estimativa da geração de RCC pelo monitoramento de descargas nas áreas de destino de RCC.....	83
Tabela 5.4: Geração de RCC das construções formais e do monitoramento de descarga das áreas de destino de RCC.....	85
Tabela 5.5: Taxa de crescimento anual em Belo Horizonte, por Regional Administrativa e por bairros - 1991/2000/2010 (%)	109

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAT	Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil
ATT	Área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos
COMAM	Conselho Municipal de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
ERE	Estação de Reciclagem de Entulho
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
I&T	Informações e Técnicas em Construção Civil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LPOUS	Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo
MDIC	Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MMA	Ministério de Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
PBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PCA	Programa de Controle Ambiental
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PIB	Produto Interno Bruto
PMRCC	Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PVC	Cloreto de Polivinila
RA	Regional Administrativa
RCA	Relatório de Controle Ambiental
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SGRCC	Sistema de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINDUSCON-MG	Sindicato da Indústria da Construção Civil de MG
SLU-BH	Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte
SMAPU	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano
SMARU	Secretaria Municipal de Regulação Urbana
SNIS	Sistema Nacional de Informações ao Saneamento

SNSA	Sistema Nacional de Saneamento Ambiental
UMEI	Unidade Municipal de Educação Infantil
URPV	Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes
ZA	Zona Adensada
ZAP	Zona de Adensamento Preferencial
ZAR	Zona de Adensamento Restrito
ZC	Zona Central
ZCBA	Zona Central do Barreiro
ZCBH	Zona Central de Belo Horizonte
ZCVN	Zona Central de Venda Nova
ZE	Zona de Grandes Equipamentos
ZEIS	Zona de Especial Interesse Social
ZP	Zonas de Proteção
ZPAM	Zona de Preservação Ambiental

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo do crescimento econômico e social. Contudo, também constitui uma atividade geradora de impactos e seus resíduos têm representado um grande problema para ser administrado, podendo em muitos casos gerar impactos ambientais. Além do intenso consumo de recursos naturais, os grandes empreendimentos colaboram com a alteração da paisagem e, como todas as demais atividades da sociedade, geram resíduos.

De acordo com a ABRELPE (2011), os municípios brasileiros coletaram mais de 33 milhões de toneladas de resíduos de construção civil (RCC) em 2011, um aumento de 7,2% em relação a 2010, conforme apresentado na Figura 1.1. Essa situação de crescimento já foi evidenciada nos anos anteriores, demandando uma atenção especial dos municípios na gestão desses resíduos. Além disso, as quantidades reais de RCC são ainda maiores considerando as intensas disposições informais e as dificuldades no controle dos resíduos sob responsabilidade da iniciativa privada, que nem sempre informam aos órgãos públicos seus volumes movimentados.

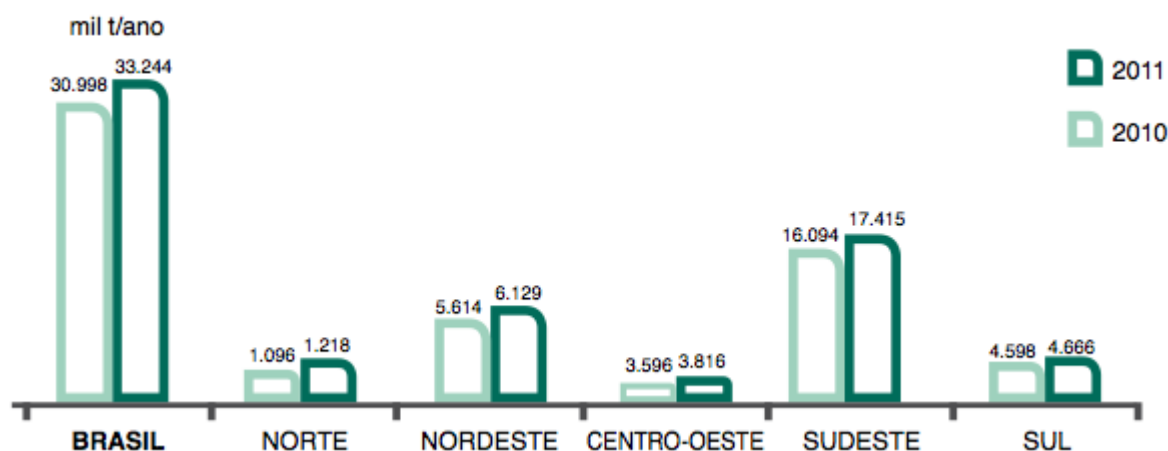


Figura 1.1: Total de RCC Coletados por Região e Brasil

Fonte: ABRELPE, 2011.

O gerenciamento adequado dos RCC ainda encontra obstáculos pela ausência de informações associadas e pelo desconhecimento dos parâmetros envolvidos. Dessa forma, conhecer e diagnosticar os resíduos gerados possibilitará o melhor encaminhamento para o gerenciamento dos RCC.

Segundo ABRELPE (2011):

As construções e reformas são notadas em todas as regiões e a positiva ascensão social da classe C levou tais atividades também para as áreas periféricas das cidades. O resultado é a crescente quantidade de entulho lançado em áreas públicas dando ensejo à criação de um problema de grandes proporções.

Uma das principais motivações deste trabalho de pesquisa foi a detecção, de maneira geral, dos grandes volumes de RCC gerados e a percepção de que há um desconhecimento das suas reais produções.

Além disso, observa-se atualmente uma crescente conscientização sobre a importância da destinação correta dos resíduos que são produzidos pelos diversos setores da sociedade. Isso tem trazido à tona temas antes tratados com indiferença por quem a dirige e principalmente por quem a compõe. O vocábulo sustentabilidade passou a ser parte do cotidiano da população brasileira e tem sido tratado com maior relevância pelos diversos agentes envolvidos. O poder público está se mobilizando para adequar a legislação que a tangencia, empresas tem percebido o valor que a temática agrega aos seus produtos e ainda tem percebido e aproveitado os nichos de mercado que surgem para solucionar as questões inerentes ao tema. Percebe-se também uma alteração na maneira da própria população em lidar com os resíduos gerados nas suas residências.

Esta nova abordagem no tocante ao reuso, reciclagem e destinação dos resíduos e, de uma forma geral, em relação ao gerenciamento tem paulatinamente alterado a forma com que a sociedade trata o problema. Iniciando este ciclo de mudanças, é papel principal da academia propor novos estudos a partir de análises pormenorizadas da situação, buscando compreender como se dá a dinâmica de geração, coleta, transporte, tratamento e disposição dos resíduos no espaço urbano, procurando relações entre variáveis, estabelecendo indicadores e novas ideias, introduzindo boas práticas no setor a fim de melhorar de maneira relevante o gerenciamento dos resíduos.

A relevância do tema tratado neste trabalho é majorada principalmente por dois aspectos, o elevado volume de resíduos gerados pelo setor da construção civil associado ao potencial de reaproveitamento destes materiais. Reforçando a premissa anterior, os resíduos da construção civil (RCC) tornaram-se um grande problema na administração da grande maioria das cidades brasileiras, devido à enorme quantidade gerada e à falta de espaço ou soluções que absorvam esse problema. Portanto, fazem-se necessárias pesquisas que visem um planejamento sustentável desse setor, a partir do aprofundado conhecimento de aspectos que envolvam a dinâmica do gerenciamento de RCC municipais, fornecendo recursos para identificar as falhas e, dessa forma, possibilitar a minimização dos danos ambientais gerados.

O presente trabalho surge com o intuito de fornecer subsídios aos gestores municipais para o planejamento e controle do sistema de gerenciamento de RCC, a partir de uma análise histórica dos instrumentos envolvidos no gerenciamento dos mesmos.

Neste contexto, esta pesquisa será estruturada em seis capítulos, incluindo a introdução. São eles:

- Capítulo 1: contém a introdução, destacando as principais motivações para a realização desta pesquisa;
- Capítulo 2: contém os objetivos geral e específicos da pesquisa;
- Capítulo 3: apresenta uma revisão bibliográfica, fundamentando o trabalho em relação às metodologias utilizadas;
- Capítulo 4: descreve a metodologia empregada no levantamento de dados, obtenção dos resultados e critérios de análise dos dados;
- Capítulo 5: apresenta os resultados do diagnóstico do sistema de gerenciamento de RCC no município de Belo Horizonte;
- Capítulo 6: traz as principais conclusões obtidas a partir dos resultados apresentados e sugestões para trabalhos futuros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é realizar um diagnóstico do sistema de gerenciamento de resíduos de construção e demolição no município de Belo Horizonte, MG, auxiliando no estabelecimento de políticas públicas e na tomada de decisão em relação às estratégias de gerenciamento dos RCC no município.

2.2 Objetivos específicos

Para o cumprimento do objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Caracterização do município estudado, a partir do levantamento dos indicadores básicos do mesmo;
- Estudo dos fluxos dos RCC no município de Belo Horizonte – MG a partir de uma análise de geração destes resíduos por dois métodos;
- Avaliação da rede de gerenciamento de RCC no município, em geral, para o período de 1999 a 2011;
- Proposição de uma metodologia para instrumento de planejamento de políticas públicas a partir da indicação de áreas mais propensas à instalação de áreas de triagem e transbordo (ATT) de forma a facilitar a logística e custo com o transporte dos RCC, com aplicação para o município de Belo Horizonte.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem por escopo fundamentar o estudo que foi desenvolvido apresentando os aspectos que permeiam o gerenciamento de resíduos, destacando-se os resíduos da construção civil. Inicialmente será abordada a cadeia produtiva da construção civil, suas definições, materiais envolvidos, seus números e sua interligação com o meio ambiente. Posteriormente, serão discutidos aspectos relacionados à gestão sustentável dos resíduos da construção civil, envolvendo as definições e etapas do gerenciamento. Alguns conceitos e aplicações de geoprocessamento, análise espacial e estudo de localização serão apresentados. E, por fim, será contemplado o arcabouço legal e normativo relacionado com o tema.

3.1 A Indústria de Construção Civil

3.1.1 Cadeia produtiva da construção civil e o meio ambiente

Segundo a definição do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior a “cadeia produtiva é o conjunto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização, constituindo-se em segmentos (elos) de uma corrente”. Ou seja, a cadeia produtiva refere-se aos estágios percorridos pelas matérias-primas, nos quais elas vão sendo transformadas e montadas, com o emprego de trabalho e tecnologia. A utilização deste conceito permite, principalmente, visualizar a cadeia da construção civil de maneira completa, identificar debilidades e potencialidades nos elos, identificar gargalos, elos faltantes e estrangulamentos e maximizar a eficácia político-administrativa por meio do consenso em torno dos agentes envolvidos (MDIC, 2012). Tal conceito foi aplicado à cadeia da construção civil e exemplificado em ABRAMAT (2012) da seguinte forma:

Por trás de um edifício pronto, há um complexo processo de produção, que envolve elos da indústria da construção, da indústria de materiais, do comércio, dos serviços e da indústria de equipamentos. O conjunto desses elos é chamado de cadeia produtiva.

Cada material de construção empregado na obra tem sua própria cadeia produtiva. Por exemplo, os blocos de concreto utilizados na edificação pertencem à cadeia produtiva dos produtos de calcário. Essa cadeia se inicia na extração do calcário, que é a principal matéria-prima. O cimento é o produto intermediário e, num estágio de maior transformação, encontra-se o bloco de concreto.

A cadeia produtiva do setor de construção, ou a *construbusiness*, como tem sido chamada, é um importante macrossetor da economia que envolve construtoras, incorporadoras,

prestadoras de serviços, vários segmentos da indústria de materiais de construção e segmentos do comércio.

A atividade de construir movimenta, portanto, um amplo conjunto de atividades e por isso tem impactos que vão além dos resultados diretos de sua produção (ABRAMAT, 2012). A Figura 3.1 apresenta a composição da cadeia produtiva da construção civil.

A cadeia da construção civil é bastante extensa, envolvendo uma grande gama de materiais que por sua vez possuem caminhos distintos até atingir a forma em que são utilizados nas construções. É de extrema utilidade o conhecimento dos processos envolvidos em cada material utilizado nas construções para a compreensão dos impactos inerentes à atividade sendo estes majorados através de suas perdas e desperdícios. Nesse sentido Angulo *et al.* (2007) afirmam que “a compreensão do processo que leva a geração do resíduo fornece informações imprescindíveis à concepção de uma estratégia de reciclagem com viabilidade no mercado”.

Segundo o estudo da ABRAMAT (2011), as principais cadeias da indústria de materiais de construção são:

- Madeiras;
- Argilas e silicatos;
- Calcários;
- Materiais químicos e petroquímicos;
- Siderurgia;
- Metalurgia de não-ferrosos;
- Materiais elétricos;
- Máquinas e equipamentos.

A cadeia de produtos de madeira tem início a partir da extração vegetal, posteriormente o produto *in natura* é comercializado e segue para as serrarias, onde ocorre o desdobramento da madeira, ou seja, onde é serrada e trabalhada. Após estas etapas, a madeira é adquirida diretamente pela construção civil (como vigas e tábuas, por exemplo) ou é laminada ou transformada em chapas (compensada, prensada ou aglomerada), ou ainda é utilizada para a fabricação de esquadrias, de casas pré-fabricadas, de estruturas de madeira e artigos de carpintaria.

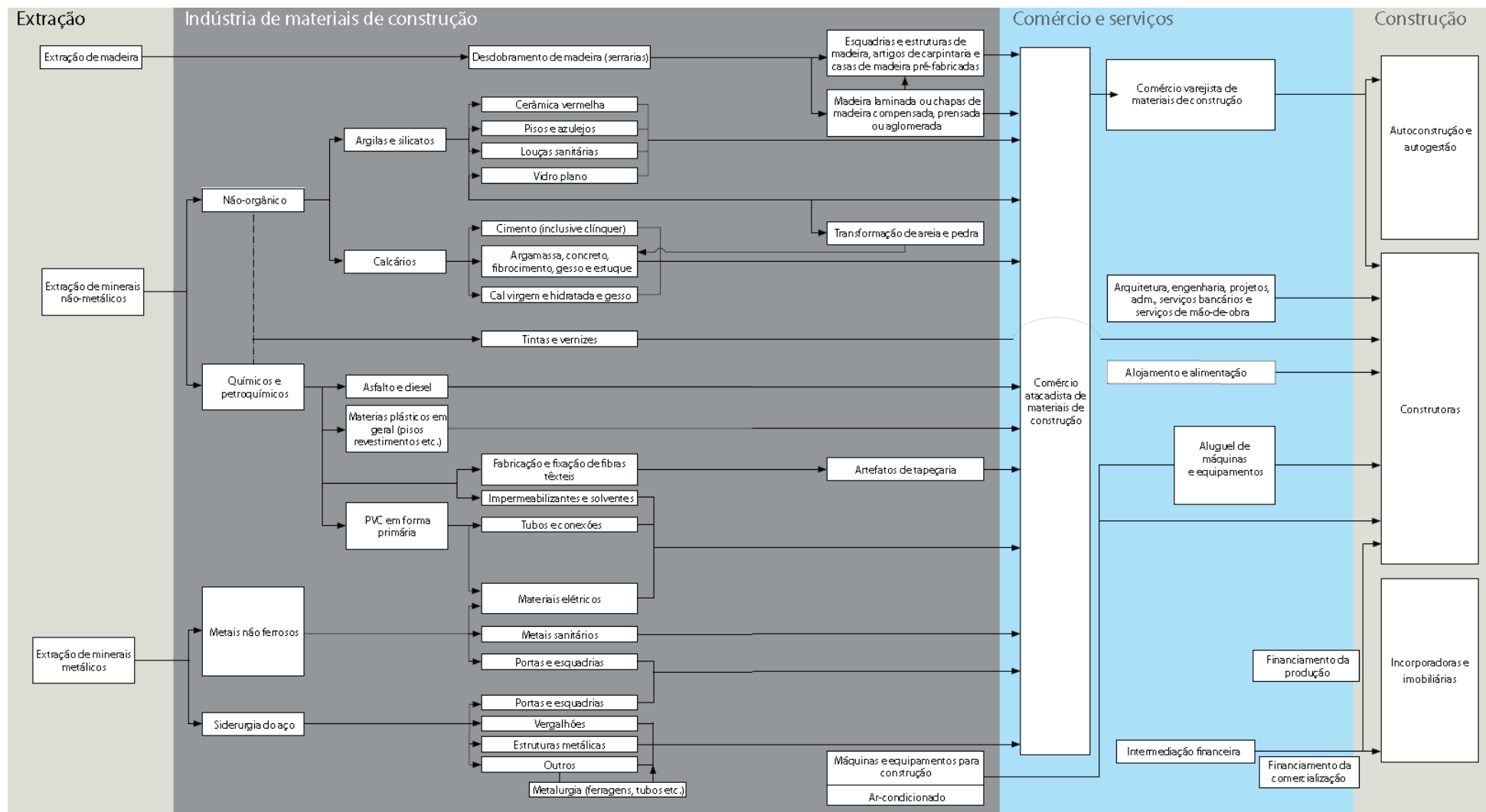


Figura 3.1: Elos da Produção – Esquema da Cadeia da Construção

Fonte: ABRAMAT, 2012.

Da extração de minerais não-metálicos e não-orgânicos, caracterizam-se duas cadeias: a de argilas e silicatos e a dos calcários. A primeira é composta por produtos cerâmicos não-refratários (tijolos, telhas e ladrilhos), pisos e azulejos, louças sanitárias, vidro, pedra e areia. A segunda é formada por produtos à base de calcários, como cimento, cal, gesso, concreto e fibrocimento.

A quarta cadeia produtiva é formada por produtos derivados de materiais químicos e petroquímicos. São os compostos de plásticos (pisos, revestimentos etc.), de PVC (tubos, conexões, revestimentos), tintas, vernizes, impermeabilizantes, solventes, asfalto e fibras têxteis, que dão origem a artefatos de tapeçaria. Ainda nesta cadeia inclui-se também o óleo diesel, empregado como combustível.

A quinta e sexta cadeias são compostas por produtos metálicos: a de produtos da siderurgia e de produtos de metais ferrosos e a de produtos da metalurgia de metais não-ferrosos. As cadeias de metálicos, ferrosos e não-ferrosos, englobam vergalhões e outros produtos do aço (como pregos e arames), portas e esquadrias (de alumínio, aço ou ferro), estruturas metálicas, metais sanitários, ferragens (como dobradiças e fechaduras) e tubos de ferro galvanizado.

As cadeias de produtos de materiais elétricos e de máquinas e equipamentos combinam produtos de outras cadeias produtivas já citadas. A cadeia de materiais elétricos é responsável pela produção de fios e cabos elétricos, de materiais para instalações em circuito de consumo de energia e de aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia. Ela reúne, essencialmente, matérias-primas que vêm da cadeia de produtos de matérias plásticas, com produtos da metalurgia de não-ferrosos (ABRAMAT, 2011).

Após uma breve abordagem sobre as cadeias produtivas dos materiais envolvidos na construção civil fica evidente que indústria da construção civil utiliza uma enorme quantidade de matérias-primas não renováveis para a realização de suas atividades. A exploração de jazidas de areia, argila e material pétreo é essencial para a continuidade das obras necessárias ao desenvolvimento humano, mas produzem um passivo ambiental que impede a sustentabilidade requerida pelas gerações futuras.

O consumo anual de agregados na Europa é aproximadamente 3 bilhões de toneladas, utilizados principalmente em pavimentação, concreto e asfalto, sendo partes fundamentais de construção da infraestrutura doméstica, comercial e social. Deste total, cerca de 90% vêm de depósitos naturais e somente 10% é proveniente de materiais reciclados, agregados marinhos e industriais (ANEPAC, 2011). No Brasil, o consumo de agregados naturais está estimado em

380 milhões de toneladas por ano, contribuindo para a geração de impactos relevantes na extração (HOOD, 2006).

Dessa forma, é extremamente importante entender a dinâmica de toda a cadeia da construção civil, principalmente no que tange ao ciclo dos materiais para que se possa compreender os resíduos da construção civil quanto a sua geração, composição, origem e possibilidades de reutilização ou reciclagem. Nesse sentido, desenvolve-se um senso crítico para discutir e entender que é necessário fechar o ciclo da cadeia de materiais, ou seja, inserir materiais reciclados para que seja possível a continuidade da construção civil, uma vez que a disponibilidade dos materiais naturais é finita. Tem-se que algumas reservas de matérias-primas estão com seus estoques bastante limitados, principalmente próximo aos grandes centros urbanos. Nestes os recursos naturais utilizados pela construção civil já estão sendo transportados a distâncias superiores a 100km, resultando em consumos de energia e geração de poluição elevados (JOHN, 2004 apud JOSE SILVA, 2005, p.9).

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. Neste contexto, a Construção Civil é um setor reconhecido como um dos mais importantes para o desenvolvimento econômico e social. No entanto, destaca-se também pelos grandes impactos ambientais gerados na sua atividade, seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação de paisagens ou pela geração de resíduos (SINDUSCON - SP, 2005).

3.1.2 Os números na construção civil

O macrocomplexo composto pela construção civil tem respeitável peso econômico e social no desenvolvimento de uma nação. No Brasil, entre 2010 e 2011, a cadeia produtiva da construção foi responsável por aproximadamente 8,9% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, correspondendo a valor adicionado (PIB setorial) de R\$315,3 bilhões. Todos os elos dessa cadeia foram responsáveis pela geração de 12,8 milhões de ocupações, entre empregados (com e sem carteira de trabalho), trabalhadores por conta própria e proprietários. (ABRAMAT, 2012). O pessoal ocupado na cadeia da construção representa 14% do total de ocupados na economia (FIESP, 2012).

Em 2010, cerca de dois terços do PIB da cadeia da construção (R\$ 194 bilhões) foram gerados pelas atividades do próprio setor de construção. Assim, a construção civil determina, em grande medida, o nível de atividade de todos os setores que a circundam. A indústria de materiais, que é o segundo maior elo da cadeia da construção, gerou R\$ 46 bilhões de valor adicionado, ou 15,6% do total. A comercialização de materiais de construção (varejista e

atacadista) gerou R\$ 21 bilhões, representando 7,1% do total gerado na cadeia. As atividades de prestação de serviços (que incluem incorporações, compra e venda de imóveis, aluguel de máquinas e equipamentos e os serviços técnicos profissionais) somaram R\$ 18 bilhões, ou 6,2% do PIB da cadeia (FIESP, 2012).

Os números apresentados mostram uma representativa participação do setor na economia brasileira. Nesse sentido, o estudo realizado pela FGV (2006) complementa que os investimentos em construção tem efeitos intensos sobre toda economia, no curto e, principalmente, no longo prazo. Tal estudo aponta que incrementos de investimentos em setores essenciais de infra-estrutura, como malha rodoviária, geração de energia, saneamento e habitação social conduzirá o país para o caminho do desenvolvimento sustentado resultando em uma sociedade menos desigual e com mais oportunidades de realização para seus cidadãos.

Vale ressaltar as condições mínimas de moradias como um importante aspecto associado à qualidade de vida. A garantia do direito a uma moradia é um dos propósitos essenciais de qualquer país desenvolvido ou com pretensões a um desenvolvimento sustentado. A principal medida das necessidades de moradia é dada pelo déficit habitacional por inadequação, que considera a quantidade de moradias em condições inapropriadas, tais como favelas, cortiços e moradias improvisadas (FGV, 2006).

Em 2008, o déficit habitacional estimado correspondia a 5,546 milhões de domicílios, dos quais 4,629 milhões, ou 83,5%, estavam localizados nas áreas urbanas, impondo a necessidade de revisão das políticas que orientam a destinação dos recursos da economia (BRASIL, 2011).

Além das necessidades prementes de recuperar e construir o volume de moradias necessárias para retirar 5,5 milhões de famílias que hoje vivem em moradias inadequadas, há que se considerar também a demanda por novas habitações advinda do crescimento do país. No caso do Brasil, estima-se uma demanda anual entre 1,5 milhão e 1,6 milhão de novas moradias no período 2007 a 2015 (FGV, 2006). Deve-se notar que essa demanda futura, caso não seja atendida pela oferta de novas habitações, irá engrossar as estatísticas de déficit habitacional e, além disso, há uma questão social envolvida.

Para que o Brasil siga no rumo do desenvolvimento é inquestionável que os principais aspectos a serem desenvolvidos são infra-estrutura e habitação social. Inerente a esse desenvolvimento está a geração de resíduos. Nesse sentido, para que o desenvolvimento atenda os preceitos da sustentabilidade ambiental é necessária uma intensificação dos estudos

relacionados aos RCCs, tendo como objetivo o aumento de práticas para reintrodução dos resíduos gerados à cadeia produtiva da construção civil.

3.1.3 Perdas e desperdícios de materiais na construção civil

A indústria da construção civil diante das exigências de mercado e das crescentes discussões de questões ambientais com vistas ao desenvolvimento sustentável, nas suas diversas dimensões, se viu pressionada a adequar seus processos construtivos em busca da redução das perdas e desperdícios de materiais em canteiros de obras (MORAIS, 2006). Neste contexto Pinto (1999, p.16) estabelece a seguinte definição em relação à perda na construção civil:

É considerada como perda a quantidade de material sobreutilizada em relação às especificações técnicas ou às especificações de projeto, podendo ficar incorporada ao serviço ou transformar-se em resíduo.

De acordo com Chung e Lo (2002), os RCC são, em geral, resultado de erros de projeto, compra, manuseio de material e mudanças inesperadas de projeto. No entanto, segundo os autores, melhorando práticas de construção e projeto pode-se obter um maior possibilidade de redução das perdas e desperdícios nas obras, ou seja, diminuição dos resíduos gerados.

As altas taxas de desperdício provocam uma redução da disponibilidade futura de materiais e energia (LEITE, 2001). As empresas que por muitos anos utilizaram a cultura do repasse de custos, isto é, a transferência de suas ineficiências operacionais ao invés da sua diminuição, estão sendo expulsas do mercado (PICCHI, 1993 *apud* PALIARI, 1999, p. 1). Considerando o ambiente competitivo existente nos dias atuais, é impossível que as empresas sobrevivam com significativos índices de perdas, tanto por fatores econômicos quanto ambientais, sendo necessária uma atenção especial dos envolvidos com a construção civil no sentido de conhecer e gerenciar as perdas existentes. Vale ressaltar, que os prejuízos obtidos a partir das perdas de materiais e componentes de uma obra vão além dos custos destes materiais. Neste sentido Paliari (1999, p. 2) aborda a questão:

Além do custo devido às perdas de material em si, há que se contabilizar também o aumento dos custos de transporte interno (tanto de materiais quanto de entulho gerado), assim como os custos advindos da redução da produtividade da mão de obra.

De acordo com Leite (2001), as perdas na construção civil ocorrem, na maioria dos casos, por ingerência nos processos construtivos, principalmente devido a falta de coordenação, desde a fase inicial de implementação da obra até a fase final quando da manutenção. A falta de padronização dos elementos construtivos, falta de especificações técnicas, baixa qualidade e pouco detalhamento dos projetos, falta de gestão na aquisição, transporte, estocagem e manuseio dos materiais são outros fatores citados pelo autor que podem levar a perdas de materiais.

Durante muito tempo não existiam informações sobre das perdas e desperdícios relacionados à construção civil. Paliari (1999) propôs uma metodologia para coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios. Tal metodologia contemplou o levantamento de indicadores globais sobre consumo e/ou perdas de materiais em todas as etapas do processo de produção (recebimento, estocagem, processamento intermediário, transporte e aplicação final) envolvendo a análise de 19 materiais. Tal estudo padroniza a coleta, o processamento e análise das informações e, dessa forma, permite a comparação entre índices levantados em obras diferentes.

Leite (2001) ressaltou que as perdas de materiais na construção civil está intimamente ligada à geração de resíduos e a composição destes está relacionada com os insumos que possuem o índice de desperdício mais elevado. A Tabela 3.1 apresenta os índices de perdas de materiais obtidos em diferentes estudos.

Tabela 3.1: Índices de perdas de materiais obtidos em diferentes estudos (%)

Materiais Estudados	Projeto FINEP – BR (1998)	Projeto FINEP – RS (1998)	Soibelman RS-BR (1993)	Pinto SP-BR (1989)	Skoyles UK	Hong Kong	Usual em orçamentos
Areia	44	28	45,76	39,02		-	15
Argamassa	116	-	91,25	101,9	5	15	15
Cimento	56	77	84,13	33,11	-	15	
Concreto usinado	9	9,7	13,18	1,34	2	11	5
Aço	10	13	19,07	26,19	5	-	20
Blocos e tijolos	13	25	Bloco:27,6 Tijolo:26,9	12,73	8 12	11	10
Tubos	15	46	-	-	-	-	-
Placas Cerâmicas	14	11	-	-	-	-	-
Revestimento Têxtil	14	14	-	-	-	-	-

Fonte: Leite, 2001.

Dessa forma, é de se esperar que os materiais com índices de desperdício mais elevados possuam uma maior participação na composição dos resíduos da construção civil.

Em relação aos índices obtidos a partir das pesquisas realizadas sobre perdas de materiais na construção civil, Pinto (1999, p. 18) destaca:

É importante ressaltar que devido à variabilidade das situações diagnosticadas, os agentes construtores devem ter sua atenção voltada para o reconhecimento de seus índices particulares, seu patamar tecnológico, buscando investir em melhorias para conquistar competitividade no mercado e racionalidade no uso dos recursos não renováveis.

3.2 A Gestão e o Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil

O conceito de gestão e gerenciamento de resíduos se diferem apesar de, em alguns casos, serem utilizados erroneamente como sinônimos. As definições adotadas pela Resolução do CONAMA n°307/2002 alterada pela CONAMA n°448/2012, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC, são as seguintes (BRASIL, 2012, p.315):

Gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010.

Gestão integrada de resíduos sólidos é o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, Córdoba (2010) entende que a gestão de resíduos sólidos atua em consonância com preceitos de saúde pública, ambientais, técnico-operacionais, econômicos, sociais e legais e baliza as ações a serem empregadas no gerenciamento desses resíduos.

Portanto, a administração pública deve desenvolver a gestão dos resíduos sólidos a partir de um conjunto de ações estratégicas, normativas, operacionais, financeiras e de planejamento bem estruturadas de forma articulada e interligadas entre si para criar uma estrutura para o gerenciamento, com o intuito de acondicionar, coletar, segregar, tratar e dispor os resíduos sólidos gerados em seu município (BARATTO, 2009). A Figura 3.2 mostra de maneira esquemática um fluxograma da gestão ambiental sustentável de RCC proposto por Marques Neto e Schalch (2006) demonstrando a relação entre a gestão e gerenciamento integrado de RCC e as etapas envolvidas.

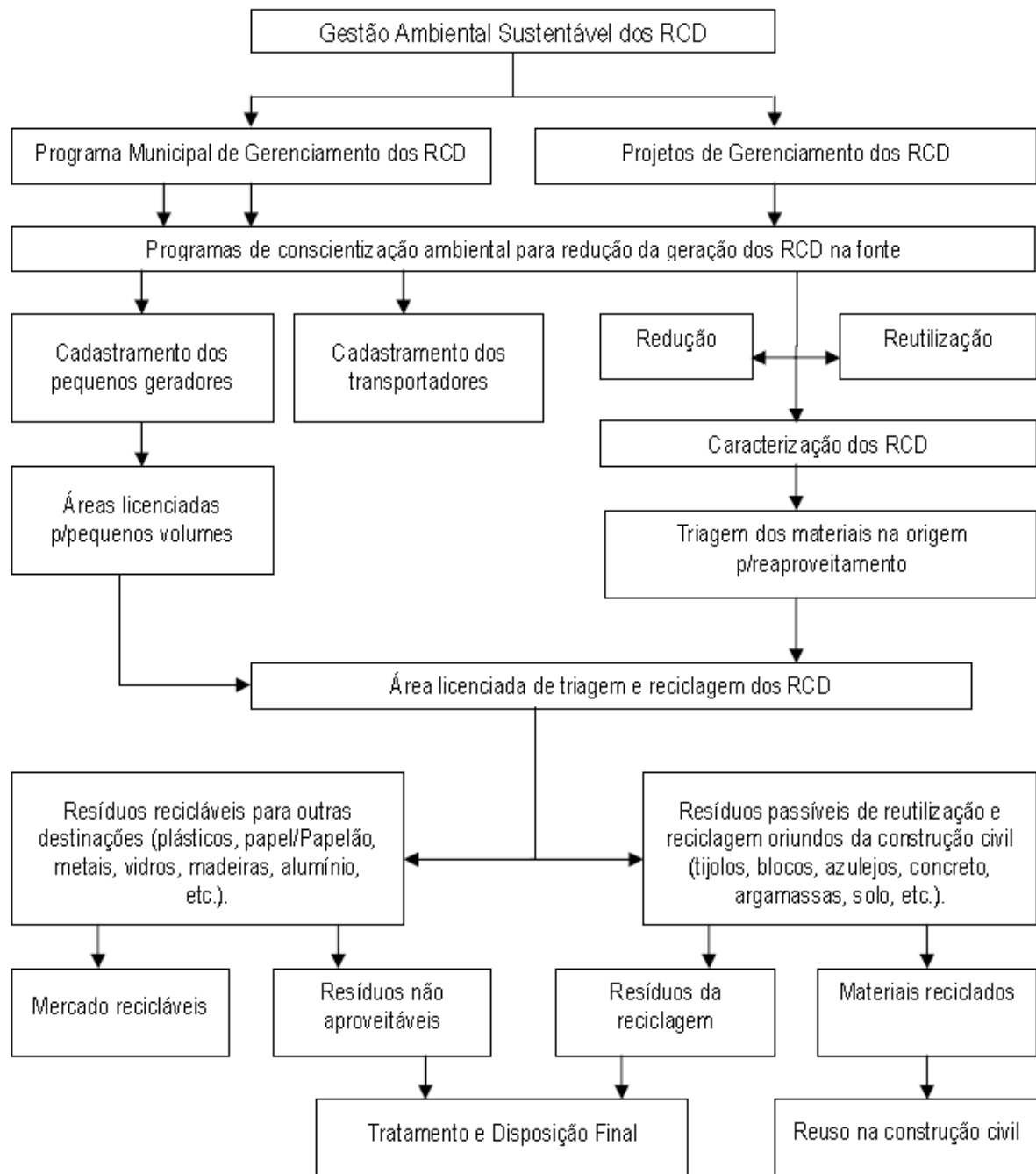


Figura 3.2: Fluxograma da gestão ambiental sustentável dos RCC

Fonte: MARQUES NETO e SCHALCH, 2006.

3.2.1 Gestão corretiva e gestão diferenciada

O crescimento desordenado e sem planejamento das populações em áreas urbanas e a falta de conscientização ambiental dos geradores e responsáveis pelos resíduos da construção civil explicam a situação de degradação ambiental causada pelos RCC. As soluções adotadas pelos municípios são, em sua maioria, emergenciais e atuam no sentido de minimizar o impacto causado pelos RCC a partir de medidas paliativas. A esta forma de atuar Pinto (1999) caracterizou como Gestão Corretiva. Segundo o autor, “a gestão corretiva caracteriza-se por

englobar atividades não preventivas, repetitivas e custosas das quais não surtem resultados adequados, por isso profundamente ineficientes”.

Neste contexto, Marques Neto e Schalch (2006) afirmam a necessidade de traçar novas políticas específicas baseadas em estratégias sustentáveis integradas. As principais ações destacadas pelos autores foram a redução na fonte dos resíduos gerados, a reutilização de materiais nos canteiros de obras e a reciclagem dos resíduos que não foram reutilizados nas obras. Estas ações caracterizam a gestão diferenciada. Neste sentido, Pinto (1999) propôs uma metodologia para gestão diferenciada de RCC fundamentada na facilitação do descarte pela oferta de espaços adequados para captação, na diferenciação obrigatória dos resíduos captados e na alteração de seu destino a partir da adoção da reciclagem como alternativa viável economicamente e ambientalmente sustentável. O autor destaca ainda importantes consequências obtidas a partir da gestão diferenciada em função da adoção da reciclagem, tais como a proteção dos recursos naturais não renováveis e a valorização de materiais nobres, destinando-os ao atendimento de demandas sociais urgentes. A Figura 3.3 apresenta uma análise econômica comparativa entre a Gestão Corretiva e a Gestão Diferenciada.

Municipalidade em Situação Hipotética	
População - 414.188 habitantes	Geração de RCD – 857 t/dia
Remoção Deposições Irregulares – 132 t/dia	Rede de Atração com 13 áreas
Consumo típico agregados convencionais – 357 t/dia	Central de Reciclagem: 01 (260 t/dia)

PARÂMETROS DA GESTÃO CORRETIVA		PARÂMETROS PARA GESTÃO DIFERENCIADA	
Custo Remoção	R\$ 11,22 /ton	Custo Rem. Res. Densos	R\$ 7,60 /ton
Custo Mensal Correção	R\$ 38.373	Custo Rem. Res. Leves	R\$ 8,40 /ton
		Custo Mensal Rede Atração	R\$ 14.300
		Custo Mensal Gestão	R\$ 24.065
Custo Mensal Aterramento:	R\$ 1.560	Custo Mensal Aterramento:	R\$ 125
Custo Aquisição Agregados	R\$ 12,51 /ton	Custo Reciclagem	R\$ 5,00 /ton
Custo Mensal Agregados	R\$ 84.568	Custo Mensal Reciclagem	R\$ 33.800
Despesas totais com Correção		Despesas totais com Gestão	
R\$ 124.501		R\$ 72.290	

Figura 3.3: Indicadores da Sustentabilidade da Gestão Diferenciada

Fonte: SANTO ANDRÉ, 1997b; SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, 1997b; JUNDIAI, 1997b.apud PINTO, 1999.

Dessa forma, a gestão diferenciada proporciona resultados econômicos muito mais vantajosos em relação à gestão corretiva tornando-se atraente para os municípios brasileiros de médio e grande porte a partir da associação de menores custos com a limpeza urbana e substituição de agregados convencionais por resíduos (PINTO, 1999). Apesar de ter sido utilizada uma referência antiga, tal conclusão é útil como forma de comparação, ou seja, de maneira relativa entre as despesas totais com a gestão corretiva versus as despesas totais com a gestão diferenciada.

Por fim, Pinto (1999, p.109) defende as ações da gestão diferenciada da seguinte forma:

A Gestão Diferenciada é a única forma de romper com a ineficácia da Gestão Corretiva e com a postura coadjuvante dos gestores dos resíduos sólidos, propondo soluções sustentáveis para espaços urbanos cada vez mais densos e complexos de gerir.

3.2.2 Composição dos resíduos da construção civil

O conhecimento da participação de cada tipo de material no total de resíduos sólidos produzidos é essencialmente importante para traçar estratégias de gestão e gerenciamento. A caracterização qualitativa dos resíduos é fundamental uma vez que a partir da determinação dos constituintes e suas respectivas porcentagens em massa e volume é possível estabelecer estudos e medidas que priorizem a redução, reutilização, reciclagem e recuperação energética (CÓRDOBA, 2010). Nesse sentido Angulo *et al.* (2007) complementa:

A viabilidade técnica e econômica de uma área de triagem ou usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) depende da composição do material, condições de mercado para os potenciais produtos e escala de geração de cada município.

A proporção entre as classes que compõe os RCC é bastante variável e depende de vários fatores. Segundo Carneiro (2005) são eles:

- O nível de desenvolvimento da indústria da construção local;
- Qualificação da mão de obra;
- Técnicas de construção e demolição empregadas;
- Existência de programas de qualidade e redução de perdas;
- Adoção de processos de reciclagem e reutilização na fonte geradora;
- Tipos de materiais predominantes e disponíveis na região;
- Desenvolvimento de obras especiais;
- Desenvolvimento da economia da região;
- Necessidade de novas construções.

De acordo com a autora, “essa variabilidade na sua composição faz com que os RCD tenham características diferentes para cada país, estado, cidade e, em alguns casos específicos, até para bairros de uma mesma cidade, o que justifica seu caráter extremamente heterogêneo”. Como exemplo, pode-se citar a maior participação do gesso nas construções americanas e européias e só recentemente tem sido utilizado de maneira mais expressiva nos centros urbanos brasileiros (PINTO, 1999).

No Brasil, várias pesquisas relacionadas à caracterização qualitativa de RCC tem sido desenvolvidas em diversas regiões do país.

Angulo *et al.* (2007) realizaram um estudo para analisar a distribuição dos materiais presentes no RCC na cidade de Macaé-RJ. Foram coletadas 52 amostras representativas de caçambas de RCC. As amostras foram peneiradas e suas frações granulométricas foram caracterizadas quanto à composição. Os resultados encontrados apontaram para uma fração mineral (concretos, argamassas, cerâmica e rochas naturais) de 94,9% do RCD. No entanto, o teor

ponderado de gesso foi superior ao limite para reciclagem como agregado reciclado, inviabilizando este processo. Além disso, para este estudo, não foi possível a utilização da seleção visual das caçambas para separação da massa contaminada por gesso e por cimento amianto, sendo possível apenas a redução dos teores médios de tais contaminações. Os autores sugerem a realização de um procedimento simples de homogeneização para evitar os riscos de contaminação pelos picos. A Figura 3.4 mostra a composição de RCD calculada para a cidade de Macaé.

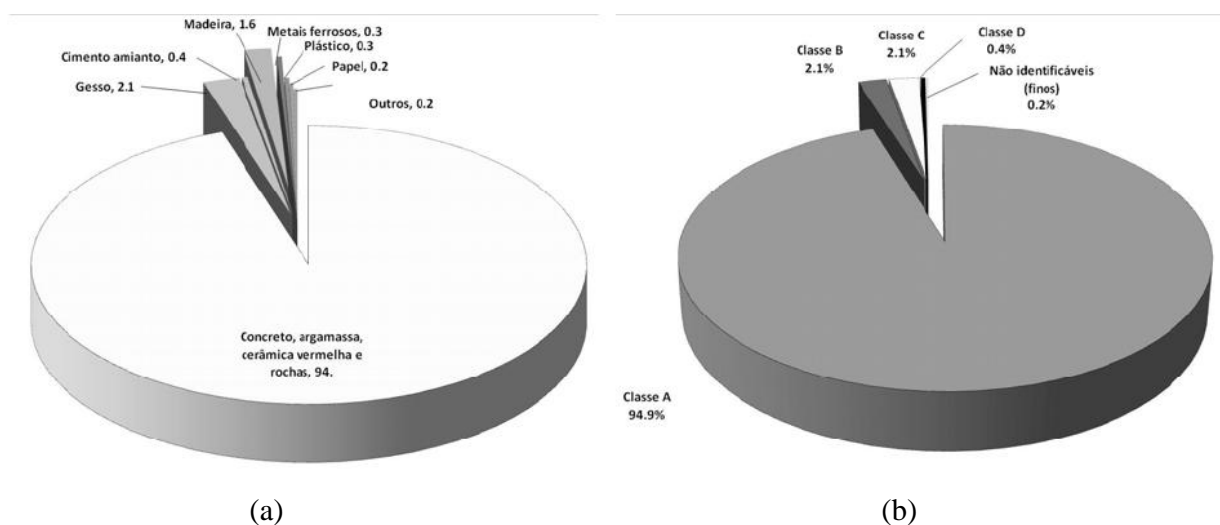


Figura 3.4: Composição do RCD (em %) calculada pela média ponderada para a cidade de Macaé: materiais (a) e classes da CONAMA (b).

Fonte: ANGULO *et. al.*, 2007.

Outro estudo de caracterização qualitativa foi realizado por Córdoba (2010), no entanto o autor utilizou uma metodologia de caracterização de RCC por meio de análise de imagens para o município de São Carlos-SP. Esta metodologia se mostrou eficiente na caracterização de amostras que apresentavam peças volumosas como vigas, pilares e placas de concreto. Além disso, os benefícios destacados a partir da utilização desta metodologia são o baixo custo e a forma rápida de obtenção das informações, podendo ser utilizada principalmente como pré-caracterização de RCC em municípios que não possuem tais dados.

Os resultados encontrados por Angulo *et al.* (2011) para um município de aproximadamente 36.000 habitantes na região noroeste do estado de São Paulo, indicaram a predominância do RCD na Classe A, 91% da massa, e 9,0% de Classe B, sendo que os componentes pertencentes às Classes C e D não foram quantificados. Sendo os resíduos classe A e B passíveis de reciclagem, conforme será apresentado adiante.

De acordo com MMA (2011), a fração de materiais trituráveis nos RCD, designados como classe A, como restos de alvenarias, argamassas, concreto e asfalto, além do solo, representam 80% da composição típica do material. Além disso, ainda estão presentes materiais facilmente recicláveis, como embalagens em geral, tubos, fiação, metais, madeira e o gesso – conjunto enquadrado na classe B, revelando quase 20% do total. O restante dos RCD são materiais que não apresentam viabilidade de reciclagem por serem resíduos perigosos como alguns tipos de óleos, graxas, impermeabilizantes, solventes, tintas e baterias de ferramentas ou por apresentarem algum tipo de complexidade técnico-econômica.

Carneiro (2005) compilou alguns resultados de caracterização qualitativa encontrados em algumas pesquisas realizadas em municípios brasileiros. A Tabela 3.2 apresenta as composições encontradas.

Tabela 3.2: Composição, em porcentagens, do RCD de diversas cidades brasileiras

Material	Origem			
	São Paulo/SP	Ribeirão Preto/SP	Salvador/BA	Florianópolis/SC
Concreto e Argamassa	33	59	53	37
Solo e Areia	32	0	22	15
Cerâmica	30	23	14	12
Rochas	-	18	5	-
Outros	5	-	6	36

Fonte: Carneiro, 2005.

Os resultados das caracterizações apresentadas demonstram a predominância de concreto, materiais cerâmicos e argamassas nos RCC. Nesse sentido, Córdoba (2010) afirma que a supremacia de concreto, materiais cerâmicos e argamassas nos RCC indica que a forma construtiva no Brasil ainda possui traços artesanais.

3.2.3 Análise da geração dos resíduos da construção civil

As informações sobre os volumes de RCD gerados raramente estão disponíveis de forma imediata. Além disso, necessita-se de informações de fontes diversas para que a estimativa de geração esteja próxima da real (PINTO E GONZÁLEZ, 2005).

Segundo MMA (2011), a relação entre os RCC e os resíduos domiciliares foi estimada pelos inventários de resíduos de dois para um, demonstrando a grande quantidade de RCD gerado. Neste mesmo sentido, John e Agopyan (2000) afirmam que, de maneira geral, a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar.

De acordo com SINDUSCON-MG (2008), a geração de RCD pode representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos e estima-se que a sua geração está em torno de 450 quilogramas por habitante por ano, variando de acordo com a localidade e com a economia.

A média de geração típica per capita estimada por MMA (2011) é de 520 quilogramas anuais, podendo aumentar em cidades com economia mais forte e reduzir-se em municípios menores. No entanto, é importante ressaltar que a 75 % da geração de RCD ocorrem em pequenas e médias construções, que são consideradas, em sua maioria, como atividades informais (MMA, 2011).

John e Agopyan (2000) ressaltam a grande variabilidade das estimativas de geração de RCC apresentadas por diferentes fontes para um mesmo país, que pode se relacionar com a metodologia utilizada. Os autores enfatizam que os dados nacionais precisam ser validados a partir de uma metodologia única. A Tabela 3.3 apresenta as estimativas de geração de RCD para diferentes países.

Tabela 3.3: Estimativas de geração de resíduos da construção civil

País	Quantidade Anual	
	Mt/ano	kg/hab.
Suécia	1,2-6	136-680
Holanda	12,8-20,2	820-1300
EUA	136-171	463-584
UK	50-70	880 a 1120
Bélgica	7,5-34,7	735-3359
Dinamarca	2,3-10,7	440-2010
Itália	35-40	600-680
Alemanha	79-300	963-3658
Japão	99	785
Portugal	3,2	325
Brasil	Na	230-660

Fonte: John, 2000, *apud* John & Agopyan, 2000.

Percebe-se que há uma grande dificuldade para se estimar a quantidade de RCD em uma localidade devido, principalmente, à grande atuação de atividades informais. Dessa forma, o maior desafio desta caracterização quantitativa provém da qualidade das informações obtidas. Neste contexto, Hood (2006) afirmou que a produção de RCC não significa necessariamente a sua coleta, ou seja, nem todo RCC produzido é coletado, podendo ser disposto irregularmente

em locais impróprios para este fim. Dessa forma, verifica-se a vulnerabilidade de dados de geração de RCC obtidos unicamente a partir de informações de coleta.

De acordo com Pinto e González(2005), para se obter uma estimativa segura da geração de resíduos, sugere-se como metodologia a soma de três indicadores, devendo-se atentar para que não haja sobreposição de aspectos específicos:

- Quantidade de resíduos oriundos de edificações novas construídas na cidade, em um período de tempo definido;
- Quantidade de resíduos oriundos de reformas, ampliações e demolições, regularmente removida no mesmo período de tempo;
- Quantidade de resíduos removidos de deposições irregulares pelos agentes públicos, no mesmo período analisado.

Angulo *et al.* (2011) realizaram um estudo da geração de RCD em um município de aproximadamente 36.000 habitantes na região noroeste do estado de São Paulo, com o objetivo de avaliar métodos de quantificação, um indireto e outro direto, considerando a produção advinda dos agentes informais (reforma) e formais (construção). O método direto identificou a geração de agentes informais e formais nos pontos de disposição finais no município, considerando o conceito de balanço de massa. O método indireto considerou a área construída das edificações (construção) e a transformação dos pontos de ligação de água e luz instalados (reforma). Os resultados obtidos pelos autores indicam a impossibilidade de quantificar indiretamente a geração dos agentes informais (reformas), por meio das transformações dos pontos de água. No entanto, os autores afirmam que há indícios que as transformações dos pontos de energia elétrica sejam indicadores mais precisos, além de destacar a possibilidade de utilização de outros indicadores como o consumo de cimento no varejo.

Por outro lado, Córdoba (2010), objetivando estimar a quantidade dos RCD gerados no município de São Carlos-SP, realizou monitoramento nas áreas de descarte de RCD, levantamento por meio de questionários a empresas coletoras cadastradas e estimativa por meio de áreas licenciadas.

A ausência de dados locais (primários) implica na consideração de algum indicador regional ou nacional (dados secundários) que podem ser encontrados em publicações como documentos do Sistema Nacional de Informações ao Saneamento – SNIS, do Plano Nacional de Saneamento Básico – PNSB, Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, dentre outros (MMA, 2011).

Pinto e González (2005) sugerem a utilização de registros das prefeituras municipais relacionados à aprovação de projetos de edificação (alvarás de construção), com a área construída correspondente. Os autores indicam que o período de tempo dos dados devem ser suficientes para minimizar a influência de variações conjunturais como desequilíbrio da economia, variações sazonais de construção, como período de chuvas. Deve-se atentar para os dados relacionados às reformas, ampliações e demolições que, segundo Pinto e González (2005), tem como fonte mais confiável para quantificação desses dados os registros dos coletores.

E ainda, de acordo com Pinto e González (2005), as reformas, ampliações e demolições são atividades que raramente são levadas à aprovação dos órgãos municipais resultando em uma pequena área construída. Dessa forma, a sua estimativa a partir dos alvarás de construção mascaram a elevada geração de resíduos por essas atividades. Os autores destacam que os executores de reformas, ampliações e demolições, construtores de edificações novas com áreas de construção superiores a 300m² e construtores de novas residências são os principais responsáveis por significativos volumes de geração de RCD. Segundo essa classificação, a Figura 3.5 apresenta os resultados obtidos pelos autores para alguns municípios diagnosticados.

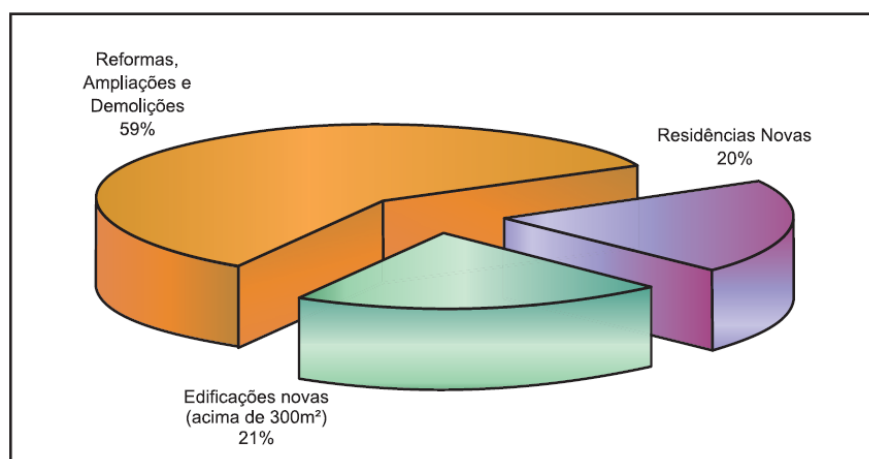


Figura 3.5: Origem do RCD em algumas cidades brasileira (% da massa total)

Fonte: I&T Informações e Técnicas Apud Pinto *et al.*, 2005

Segundo Angulo *et al.* (2011), “a metodologia de quantificação indireta, ainda indisponível na literatura, pode eliminar a necessidade de quantificação direta, que é dispendiosa para a implantação da gestão de RCD. Na ausência de dados validados cientificamente, recomenda-se a adoção de ambos os métodos, pois viabilizam a verificação da consistência dos dados”.

Existe uma considerável quantidade trabalhos acadêmicos que apresentam o diagnóstico da situação dos RCD em diversos municípios brasileiros. Essas iniciativas por parte da

comunidade acadêmica são extremamente importantes para que seja possível consolidar as informações e chegar a um panorama brasileiro da situação dos RCD mais próximo da realidade, sendo um facilitador para ações de melhorias no gerenciamento dos mesmos.

3.2.4 Sistemas de coleta e transporte

As informações sobre a coleta e o transporte são muito importantes para identificar os fluxos origem-destino, reconhecer os agentes com os quais deverá ser estabelecido um diálogo e induzir a participação no processo, garantindo a eficácia do processo de gerenciamento dos resíduos. Além disso, estes dados possibilitam a confirmação das quantidades de resíduos geradas (MMA, 2011).

De acordo com Pinto e González (2005), “os agentes geradores podem ser mais facilmente identificados e caracterizados por meio de consulta àqueles que transportam seus resíduos”. Os autores afirmam que o levantamento de dados obtidos de agentes coletores revelarão o percentual do movimento referente às atividades de reformas, ampliações e demolições. Algumas localidades foram diagnosticadas pelos autores e encontrou-se um percentual elevado da participação das reformas, ampliações e demolições nas viagens realizadas pelas empresas coletoras, conforme apresentado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Participação das reformas, ampliações e demolições no total de viagens realizadas, em vários municípios (%)

Viagens nos municípios	Reformas, ampliações e demolições	Construção de residências novas	Construção de prédios e edificações acima de 300 m ²	Limpeza de terreno e coleta em indústrias e serviços
Ribeirão Preto (base 95)	60	16	14	10
Santo André (base 97)	44	26	15	15
S.J. do Rio Preto (base 97)	42	28	12	18
Jundiaí (base 97)	54	22	9	15
Vitória da Conquista (base 97)	80	10	2	8
Uberlândia (base 2000)	42	20	12	26
Guarulhos (base 2000)	55	23	14	8
Piracicaba (base 2001)	50	26	12	12

Fonte: I&T Informações e Técnicas *apud* Pinto e González, 2005.

Segundo SNSA (2010), por meio de uma pesquisa realizada nos municípios brasileiros, identificou-se que em 59,3% dos municípios era realizada a coleta e transporte dos RCD, por múltiplos agentes. Dentre esses vários agentes, destacam-se os caminhões basculantes (caçambas) de condutores autônomos, carroceiros e, nas regiões mais desenvolvidas, os agentes privados que atuam com poliguindastes e caçambas estacionárias, popularmente chamadas de caçambeiros.

Em geral, os condutores autônomos e carroceiros são transportadores em sua maior parte informais e atuam em pequenas gerações de RCC. O transporte é realizado por meio de veículos com carroceria basculante, carroceria de madeira, “caminhonetes” ou ainda carroças de tração animal. Vale ressaltar a importância da atuação da administração pública na inserção destes coletores autônomos informais e carroceiros no gerenciamento de RCC dos municípios considerando a facilidade destes adotarem medidas impróprias de descartes como, por exemplo, deposição em margens de rios e córregos, em vias públicas e áreas periféricas do município causando grandes danos ao meio ambiente e saúde pública.

Embora a responsabilidade pela retirada dos resíduos das obras seja dos geradores, de fato são os agentes transportadores que cumprem o papel de eliminar os RCC do ambiente urbano e, por este motivo, desempenham um papel fundamental na gestão dos RCC, recolhendo e os transportando até as áreas de disposição final (MAQUES NETO, 2009)

De acordo com Marques Neto (2009), os municípios que seguem o modelo de contratação de empresas privadas para realizar a remoção dos RCC cumprem as exigências legais de remoção dos resíduos, no entanto, muitas vezes estes não são descartados em áreas licenciadas pelas prefeituras, não sendo suficiente para eliminar as deposições irregulares. Segundo o autor, as principais causas atribuídas a tal fato são: “falta de controle e fiscalização das administrações públicas municipais; altos custos das empresas coletoras e transportadoras devido às distâncias dos pontos geradores até os locais autorizados; falta de incentivos para separação e beneficiamento dos RCC e a falta de mercado para captação dos RCC”.

Portanto, a definição de estratégias adequadas para uma correta gestão dos RCD está atrelada ao entendimento dos fluxos desses resíduos, sendo necessário uma compreensão minuciosa das características dos agentes coletores (PINTO, 1999).

As informações relativas aos percursos realizados, preços vigentes, total de veículos em operação, viagens realizadas são importantes para o planejamento necessário no município. Os dados relativos ao dimensionamento da atividade de coleta e transporte podem ser obtidos a partir da média das indicações captadas juntos a segmentos mais organizados, como transportadores, setores de cadastro e limpeza pública da prefeitura (PINTO E GONZÁLEZ, 2005).

Segundo SINDUSCON-SP (2005), a coleta de RCD no canteiro deve ser feita de acordo com alguns fatores como compatibilização com a forma de acondicionamento final dos resíduos na obra, minimização os custos de coleta e remoção, visando a valorização dos resíduos e a adequação dos equipamentos aos padrões definidos em legislação.

3.2.5 Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT)

No Brasil, a Resolução CONAMA nº448/2012 (BRASIL,2012, p.315) adota a seguinte definição para área de triagem e transbordo de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT):

Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Além disso, a Resolução CONAMA nº307 (BRASIL, 2012) recomenda que os Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil contemplem em suas diretrizes o cadastramento de áreas públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volume de acordo com a dimensão territorial do município. A mesma define também que a triagem, a ser realizada pelos grandes geradores, deverá ser realizada pelo gerador na origem ou em áreas de destinação licenciadas para essa finalidade.

Diante deste contexto, fica claro a definição de duas áreas distintas para triagem dos RCC, uma envolvendo os pequenos geradores e a outras os grandes geradores. Confirmando a premissa anterior, a ABNT elaborou em 2004 a norma técnica NBR 15.112/2004 que estabelece diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de RCC e volumosos, para pequenos e grandes geradores.

As áreas de transbordo e triagem para pequenos volumes são popularmente denominadas de pontos de apoio, pontos de descarga de entulho ou ecopontos. As Figura 3.6 e Figura 3.7 ilustram alguns detalhes de um Ecoponto situado em São José dos Campos-SP.

De acordo com os autores Fukurozaki e Seo (2004), as ATT proporcionam uma rede de atração de grandes volumes e podem permitir a redução dos custos municipais com a mitigação dos impactos ambientais decorrentes da gestão corretiva.

Fukurozaki e Seo (2004) avaliaram os resultados ambientais, socioeconômicos e importância no gerenciamento integrado dos resíduos da construção civil produzidos pela atuação de uma ATT no município de São Paulo. Dentre os resultados obtidos, os autores concluíram que este empreendimento tem uma grande contribuição para a redução do descarte irregular no município e para a redução dos gastos municipais com a remediação dos danos causados ao meio ambiente e a qualidade de vida. Adicionalmente, percebeu-se que as ATT possibilitam o reuso e a reciclagem dos resíduos e, em consequência, diminui a utilização dos recursos

naturais. As Figura 3.8 e Figura 3.9 mostram a triagem realizada em ATT no município de São Paulo.



Figura 3.6: Ecoponto com caçambas para resíduos densos em São José dos Campos-SP

Fonte: Córdoba, 2010.



Figura 3.7: Baías de armazenamento de resíduos leves do Ecoponto em São José dos Campos-SP

Fonte: Córdoba, 2010.



Figura 3.8: Triagem da fração mineral em ATT privada na zona norte de São Paulo

Fonte: SCHNEIDER, 2003



Figura 3.9: Triagem de madeiras em ATT privada da zona norte de São Paulo

Fonte: SCHNEIDER, 2003

No entanto, Fukurozaki e Seo (2004) observaram que a ausência de cobrança de taxas pelas unidades públicas de recepção de RCC da Prefeitura de São Paulo não estimula investimentos privados em novas ATT, além de impedir a atuação mais expressiva das unidades já existentes. Neste contexto, percebe-se uma concorrência desequilibrada entre a prefeitura e iniciativas privadas. Os autores constataram que as empresas de coleta e transporte de RCC optam, em períodos que as atividades de construção e demolição diminuem, pelo transporte até as unidades da Prefeitura (aterro e ATT) ainda que o custo com o transporte seja maior, uma vez que este é compensado pela gratuidade no recebimento dos resíduos.

A localização, ou seja, a distribuição espacial das ATT devem ser planejadas levando em consideração a regulamentação do uso do solo no Município, a localização em áreas com

maior concentração de geradores de grandes volumes de RCD e a fácil acessibilidade ao local, para favorecer o deslocamento de carga de maior porte (PINTO E GONZÁLEZ, 2005).

Dessa forma, o planejamento estratégico na distribuição das áreas de triagem e transbordo de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT) é extremamente importante para cumprir o objetivo de possibilitar a resolução dos problemas gerados pelas deposições irregulares e ao mesmo tempo favorecer a reciclagem dos RCC (MARQUES NETO, 2005 *apud* CORDOBA, 2010).

3.2.6 Reciclagem de RCC

A reciclagem é uma das ações necessárias para alcançar o desenvolvimento sustentável e, sob a ótica da cadeia produtiva da construção civil, uma das formas de minimizar a exploração dos recursos naturais e, conseqüentemente, reduzir os impactos ambientais causados pelo setor. Ademais, a partir da reciclagem é possível reduzir a disposição final de RCC possibilitando um ciclo reverso dos resíduos na cadeia de consumo do mesmos. Nesse sentido, Cunha (2007) destaca:

A construção sustentável requer a prevenção e a redução dos resíduos. A opção pela sua reciclagem em agregados torna-se viável nos aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A reciclagem pode ser encarada como uma forma de reeducar a sociedade em seus hábitos, buscando o consumo minimizado de recursos naturais e o melhor aproveitamento dos materiais.

De acordo com Chung e Lo (2002), a partir de uma apropriada classificação na fonte de geração de RCC, o material inerte pode ser substituído por agregados primários. Ainda, os autores afirmam que com a restrição de recursos naturais e de locais para a correta disposição final, a reutilização e a reciclagem são as primeiras ações acerca dos gerenciamento de RCC adotadas na maioria dos países desenvolvidos.

Por outro lado, John (2000) questiona a seguinte hierarquia presente nas principais legislações relativas a resíduos:

- Reduzir a geração do resíduo na fonte;
- Reutilizar o resíduo;
- Reciclar;
- Incinerar recuperando energia;
- Depositar em aterros sanitários.

Segundo o autor, esta hierarquia vem sendo aceita sem maiores questionamentos, no entanto ele enfatiza que ela é questionável, uma vez que, por definição, a melhor alternativa é a de menor impacto ambiental global. Dessa forma, o autor ressalta que não se pode considerar as quatro alternativas como mutuamente excludentes e que dependendo do tipo de resíduo

podem ocorrer situações em que, por exemplo, a reciclagem e a recuperação de energia acontecem simultaneamente. Nesse sentido, o autor aborda da seguinte forma (JOHN, 2000, p. 29):

A distância com o transporte, a energia necessária para a limpeza e classificação de um resíduo de forma a viabilizar a reciclagem e até mesmo a tecnologia envolvida na reciclagem podem torná-la ambientalmente indesejável.

No que tange à reciclagem de resíduos da construção civil, John (2000, p.33) destaca que dada a grande dimensão econômica e ambiental do problema dos RCC, a cadeia produtiva da construção civil apresenta muitas vantagens que a credenciam a ser uma grande recicladora.

Em suma, a reciclagem tem como principal finalidade reinserir o resíduo na cadeia produtiva da construção civil, gerando inúmeros benefícios como a extensão da vida útil dos aterros, diminuição da utilização de recursos naturais, geração de empregos, redução no consumo de energia, redução da poluição e criação de alternativas para mineradoras (MARQUES NETO, 2005, *apud* CÓRDOBA, 2010, p.43).

3.2.6.1 Áreas de reciclagem

Pinto (1999) enfatiza que como resultado pela demanda por materiais e a partir da necessidade de solucionar o destino de expressivos volumes de RCC, a reciclagem de RCC foi implantada e consolidada na Europa Ocidental, no Japão e nos Estados Unidos. A Tabela 3.5 apresenta as gerações e taxas de reuso/reciclagem de países da Europa e Estados Unidos.

Como esperado, a geração de RCC e as taxas de reciclagem variam muito, mesmo entre os países industriais avançados. Entre os países apresentados na Tabela 3.5, Cingapura possui a menor geração de RCC e alguns países europeus também apresentam altas taxas de reciclagem (CHUNG E LO, 2002).

Em 1991, Tóquio já possuía 12 instalações de reciclagem de concreto operando com equipamentos de origem alemã e processando 10.000 toneladas por dia (HONG KONG *apud* PINTO, 1999 pág. 88). Nos Estados Unidos, em 1996, foi estimada a existência de 1.800 instalações de reciclagem em operação, sendo 1.000 dela processando asfalto, 500 processando madeira e 300 operando com resíduos misturados. Após dois anos, em 1998, a estimativa é de que a quantidade de instalações para reciclagem de RCC tinha praticamente dobrado em relação a 1996, passando para 3.500 unidades de reciclagem (YOST *apud* PINTO, 1999 pág 89).

Em contraposição às altas taxas de reciclagem de RCC apresentadas por alguns países do mundo, Cunha (2007) aponta que a reciclagem de RCC começou a ser colocada em prática no Brasil de forma lenta.

Tabela 3.5: Geração e taxas de reuso/reciclagem de RCC em países da Europa e Estados Unidos

País	Disposição, Reciclagem e Reuso (mt)	Taxas de reuso e reciclagem (%)	Geração anual per capita (kg/ hab. Ano)
Alemanha	59	17	n.a
Reino Unido	30	45	n.a
França	24	15	n.a
Itália	20	9	n.a
Holanda	11	90	n.a
Bélgica	7	87	n.a
Dinamarca	3	81	n.a
Suécia	2	21	n.a
Países Europeus	180	28	480
Singapura (1999)	0,41	70	105
Estados Unidos (1996)	123	20-30	465

Fonte: CHUNG e LO,2002.

Angulo *et. al.* (2009) apresentou um panorama da reciclagem de RCC entre 1986 e 2008 no Brasil, a partir do levantamento de informações sobre os canteiros de obras que implantaram a triagem de RCC, a taxa de crescimento e a capacidade instalada das usinas de reciclagem. A Figura 3.10 apresenta o número de usinas de reciclagem de RCC classe A no Brasil.

Até o ano 2002, o país possuía 16 estações de reciclagem com uma taxa de crescimento de até três usinas inauguradas por ano. A análise realizada pelos autores é de que após a publicação da resolução CONAMA nº307/2002 e com exemplos de gestão pública bem sucedida, essa taxa de crescimento aumentou. Além disso, em 2008 foram citadas pelo menos 47 usinas de reciclagem, sendo 24 públicas (51% do total) e 23 privadas (49% do total). A Tabela 3.6 lista as estações de reciclagem instaladas no Brasil até novembro de 2008.

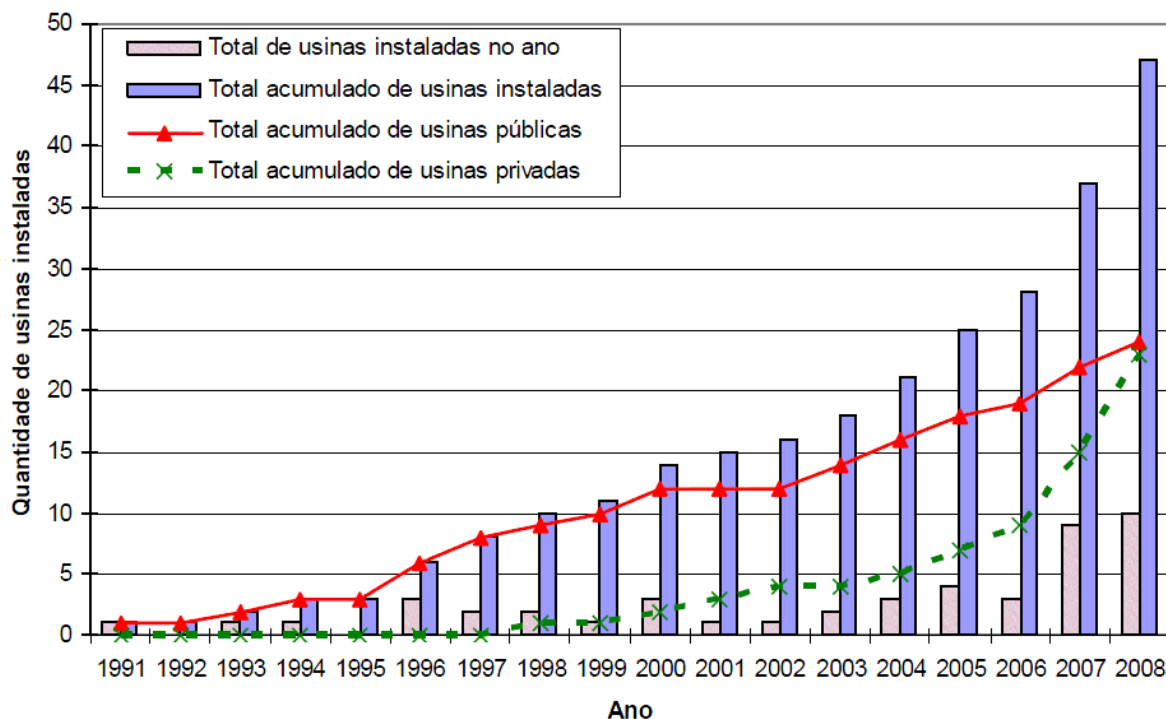


Figura 3.10: Usinas de reciclagem de RCD classe A inauguradas ao longo dos anos

Fonte: ANGULO *et. al.*,2009.

Segundo Angulo *et. al.* (2009) o aumento da quantidade de unidades de reciclagem de iniciativas privadas decorre da consideração dos empresários de esta ser uma boa alternativa de investimento.

Nesse sentido, Nunes (2004) propôs um modelo para estudo de viabilidade financeira das centrais de reciclagem de RCC para apoiar o poder público e a iniciativa privada na decisão sobre seus investimentos. Para que as estações de reciclagem privadas sejam viáveis economicamente a autora concluiu que, além da venda do agregado reciclado, deveria haver cobrança pela recepção dos RCC, redução de impostos e financiamentos a juros mais baixos que os praticados no mercado. Ou seja, é necessário um conjunto de ações de incentivo a reciclagem pelo poder público para viabilizar economicamente as estações de reciclagem privadas.

Angulo *et. al.* (2009) perceberam que das usinas públicas instaladas no Brasil no período de 1989 a 2008, poucas estavam operando, atribuindo tal fato à dificuldade por parte da administração pública em administrar tal atividade. As razões citadas pelos autores são a mudança de gestão, desinteresse da administração pública, demora na obtenção de verbas para a compra de peças de reposição e dificuldades na manutenção e operação da usina por falta de pessoal tecnicamente preparado.

Tabela 3.6: Usinas de reciclagem de RCD classe A no Brasil até novembro de 2008

Cidade	Propriedade	Instalação	Cap. (t/h)	Situação
São Paulo/SP	Prefeitura	1991	100	Desativada
Londrina/PR	Prefeitura	1993	20	Desativada
B. Horizonte/MG (Estoril)	Prefeitura	1994	30	Operando
B. Horizonte (Pampulha)	Prefeitura	1996	20	Operando
Ribeirão Preto/SP	Prefeitura	1996	30	Operando
Piracicaba/SP	Autarquia/Emdhap	1996	15	Operando
São J. dos Campos/SP	Prefeitura	1997	30	Desativada
Muriae/MG	Prefeitura	1997	08	Desativada
São Paulo/SP	ATT Base	1998	15	Desativada
Macaé/RJ	Prefeitura	1998	08	Desativada
São Sebastião/DF	Adm. Regional	1999	5	Desativada
Socorro/SP	Irmãos Preto	2000	03	Operando
Guarulhos/SP	Prefeitura/Proguaru	2000	15	Operando
Vinhedo/SP	Prefeitura	2000	15	Operando
Brasília/DF	Caenge	2001	30	Operando
Fortaleza/CE	Usifort	2002	60	Operando
Ribeirão Pires/SP	Prefeitura	2003	15	Desativada
Ciriaco/RS	Prefeitura	2003	15	Desativada
São Gonçalo/RJ	Prefeitura	2004	35	Paralisada
Jundiá/SP	SMR	2004	20	Operando
Campinas/SP	Prefeitura	2004	70	Operando
São B. do Campo/SP	Urbem	2005	50	Operando
São B. do Campo/SP	Ecoforte	2005	70	Desativada
São José do Rio Preto/SP	Prefeitura	2005	30	Operando
São Carlos/SP	Prefeitura/Prohab	2005	20	Operando
B. Horizonte/MG (BR040)	Prefeitura	2006	40	Operando
Ponta Grossa/PR	P. Grossa Amb.	2006	20	Operando
Taboão da Serra/SP	Estação Ecologia	2006	20	Operando
João Pessoa (PB)	Prefeitura/Emlur	2007	25	Operando
Caraguatatuba/SP	JC	2007	15	Operando
Colombo/PR	Soliforte	2007	40	Operando
Limeira/SP	RL Reciclagem	2007	35	Operando
Americana/SP	Cemara	2007	25	Operando
Piracicaba/SP	Autarquia/Semae	2007	20	Operando
Santa Maria/RS	GR2	2007	15	Operando
Osasco/SP	Inst. Nova Agora	2007	25	Instalando
Rio das Ostras/RJ	Prefeitura	2007	20	Instalando
Brasília/DF	CAENGE	2008	30	Operando
Londrina/PR	Kurica Ambiental	2008	40	Operando
São Luís/MA	Limpel	2008	40	Operando
São J. dos Campos/SP	RCC Ambiental	2008	70	Operando
Paulínia/SP	Estre Ambiental	2008	100	Operando
Guarulhos/SP	Henfer	2008	30	Instalando
Barretos/SP	Prefeitura	2008	25	Instalando
São José dos Campos/SP	Julix - Enterpa	2008	25	Instalando
Petrolina/PE	Prefeitura	2008	25	Instalando
Itaquaquecetuba/SP	Entrec Ambiental	2008	40	Instalando

Fonte: Angulo *et. al.*, 2009.

Da mesma forma, Nunes (2004) constatou que as instalações pertencentes ao poder público estavam sendo administrada de forma deficiente, funcionando abaixo de suas capacidades e, dessa forma, perdendo a oportunidade de redução dos custos de produção. Verificou-se também que a reciclagem de RCC em alguns municípios era provável de ser viabilizada somente contando as economias com o transporte e disposição de RCC nos aterros.

Estudos mostram que inclusive pequenas usinas que estejam logisticamente bem posicionadas e focadas em mercados e/ou serviços que incorporem valor ao produto podem ser viáveis, podendo ser utilizado como exemplo a usina Irmãos Preto Ltda., que está há mais de dez anos no mercado removendo e reciclando cerca de 50% do RCD da cidade de Socorro, para a produção de areia reciclada (MIRANDA, 2005 apud ÂNGULO et al, 2009).

Diante deste contexto, destaca-se a importância de um planejamento eficiente da gestão e gerenciamento de RCC de forma a possibilitar a existência de uma rede estruturada de estações de reciclagem de RCC que seja capaz de contribuir para a solução do problema dos RCC e ainda permitir a sua reinserção na cadeia produtiva da construção civil, gerando ganhos para o setor público, privado e para a sociedade.

3.2.6.2 O processo de reciclagem

Segundo Pinto (1999), o processo de reciclagem de RCC se assemelha aos processos de mineração e os antigos produtores europeus de equipamentos para mineração passaram a fabricar equipamentos para a reciclagem de RCC. De acordo com o autor, existem dezenas de fabricantes de equipamentos para a reciclagem no Hemisfério Norte. Existem soluções fixas ou móveis, ou seja, a primeira os RCC são reciclados em usinas de entulhos e a segunda no próprio local gerador.

As plantas de estações de reciclagem de RCC com instalações móveis são propícias para empreendimentos que necessitam de uma constante mobilização e um baixo tempo para montagem. Além disso, este tipo de instalação não necessita de obras civis, o tempo requerido para instalação e desinstalação é pequeno (aproximadamente 4 horas), utilizam pouca mão de obra (4 operários) e podem ser locadas na área de depósito do material a ser britado, reduzindo as distâncias de transporte do resíduo até a planta de reciclagem (JADOVSKI, 2005). A reciclagem no próprio canteiro evita a contaminação por outros resíduos proporcionando um agregado de melhor qualidade. Estas usinas móveis tem aplicação em obras de infraestrutura e os agregados produzidos podem ser reutilizado nas próprias obras, gerando ganhos econômicos a partir da redução de custos com a compra de menor quantidade de agregados naturais e com a economia com a remoção, transporte e disposição final de RCC (CÓRDOBA,2011).

As plantas de instalação fixas são aplicáveis para empreendimentos de localização definitiva e as principais vantagens são a possibilidade de obter agregados diversificados e de melhor qualidade em relação aos produzidos em plantas móveis, além de permitir a utilização de equipamentos maiores e mais potentes admitindo uma melhor eficiência no processo de

britagem, de peneiramento e retirada de impurezas quando comparada às unidades móveis (CAIRNS *et al.*, 1998, p. 375 apud JADOVSKI, 2005).

A plantas de reciclagem podem se diferenciar também em relação ao seu processo produtivo de acordo com o produto que se deseja obter. No entanto, de uma forma geral, os principais processos envolvidos na reciclagem de RCC são a britagem, peneiramento e o manuseio de material sólidos. Além destes processos básicos, as plantas de reciclagem podem conter etapas de separação de componentes considerados como contaminantes dos agregados reciclados. No entanto, segundo Jadovski (2005), os procedimentos para eliminação de contaminantes podem encarecer o processo de reciclagem, podendo torná-lo inviável. Neste contexto, pode-se citar a separação magnética (para a remoção de materiais ferrosos e metálicos) e separação manual ou mecânica de outros materiais como madeiras, metais, plásticos e papéis. De acordo com Nunes (2004), os equipamentos básicos utilizados no processo de reciclagem são os seguintes:

- Alimentador (silo de recepção, tipo calha vibratória);
- Britador;
- Transportador de correia;
- Extrator de metais ferrosos (eletroímã);
- Peneiras.

A Figura 3.11 apresenta um exemplo de fluxo de uma planta de reciclagem de RCC com etapas de separação dos contaminantes.

Angulo *et al.* (2009) afirmam que quase a totalidade das estações de reciclagem no Brasil são semelhantes e são compostas pelos seguintes equipamentos: pá carregadeira ou retroescavadeira, alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de mandíbula ou impacto, separador magnético permanente ou eletroímã e peneira vibratória. De acordo com os autores, nenhuma delas apresenta uma rotina de controle de qualidade dos agregados produzidos.

Neste contexto, Nunes (2004) apresenta informações sobre as estações de reciclagem existentes, que incluem características dos equipamentos e máquinas, a existência ou não de fábrica de blocos e as áreas dos terrenos, onde se localizam as centrais (Tabela 3.7).

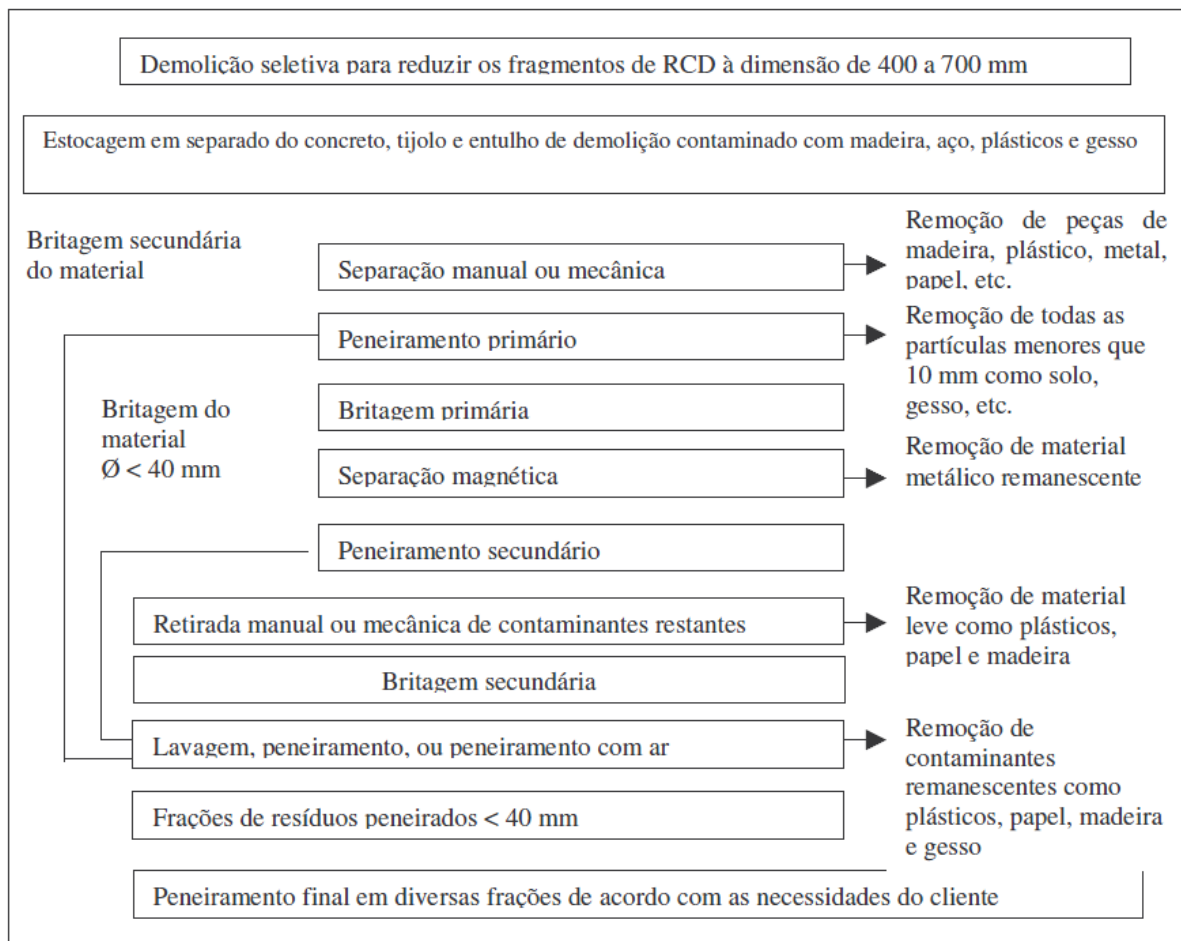


Figura 3.11: Representação esquemática do funcionamento das plantas de processamento de RCC

Fonte: HANSEN, 1992, p. 15 *apud* JADOVSKI, 2005, p. 61.

Tabela 3.7: Informações adicionais sobre as centrais existentes até 2004

Município	Características dos equipamentos e máquinas	Fábrica de artefatos de concreto	Área do terreno (m ²)
São Paulo / SP	Britador de impacto, alimentador vibratório, calha metálica, transportador de correia, eletroímã, quadro de comando e proteção elétrico, peneira vibratória, geradores a diesel e conjunto nebulizador.	Não	4.000
Ribeirão Preto / SP	Britador de impacto, alimentador vibratório, calha metálica, transportador de correia, eletroímã, quadro de comando e proteção elétrico, sistema de contenção de material particulado e sistema de contenção de ruídos.	Não	15.000
S.J. dos Campos / SP	Triturador de mandíbulas, alimentador vibratório, transportadores de saída e de empilhamento, quadro de comando, transportador magnético e conjunto de peneiras.	Não	s.d.
Piracicaba / SP	Triturador de mandíbula, alimentador vibratório, transportadores de saída e de empilhamento, quadro de comando, transportador magnético, nebulizador para poeira, conjunto de peneiras e aspersores de água.	Sim	14.000
Vinhedo / SP	Triturador de mandíbulas, alimentador vibratório, transportador de saída, transportador de empilhamento, quadro de comando, transportador magnético, nebulizador para poeira e conjunto de peneiras.	Não	2.000
Guarulhos / SP	Britador de impacto, alimentador vibratório, calha metálica, transportador de correia, eletroímã, quadro de comando e proteção elétrico e conjunto de peneiras.	n.d.	5.000
Ribeirão Pires / SP	Britador para trituração, cabine com painel de comando, silo de 2m ³ , correia transportadora giratória e peneiras.	Não	1.400
S.J. do Rio Preto	Britador de impacto, alimentador vibratório, calha metálica, transportador de correia, eletroímã, quadro de comando e proteção elétrico, sistema de contenção de material particulado e sistema de contenção de ruídos.	Sim	Ainda a definir
Belo Horizonte / MG - Estoril	Britador de impacto, alimentador vibratório, calha metálica, transportador de correia, eletroímã, quadro de comando e proteção elétrico, sistema de contenção de material particulado e sistema de contenção de ruídos.	Sim	6.000 ¹²
Belo Horizonte / MG- Pampulha	Britador de impacto, alimentador vibratório, calha metálica, transportador de correia, eletroímã, quadro de comando e proteção elétrico, sistema de contenção de material particulado e sistema de contenção de ruídos.	Sim	6.000 ¹³
Londrina / PR	Alimentador vibratório, britador de mandíbula, 2 correias transportadoras, silo, calha vibratória, moinho de martelo, peneira rotativa, betoneira e 4 máquinas para confecção de blocos.	Sim	174.000
Brasília / DF - Aterro / Jóquei	Alimentador vibratório, triturador de percussão, transportador de saída, transportador de empilhamento, quadro de comando, eletroímã e conjunto de peneiras.	Não	n.d. ¹⁴
Brasília / DF - Ceilândia	Alimentador vibratório, triturador de percussão, transportador de saída, transportador de empilhamento, quadro de comando, eletroímã e conjunto de peneiras.	Não	n.d.
Macaé / RJ	Moinho, eletroímã, quadro de comando, correia transportadora, betoneira e mesa vibratória para a fabricação de pré-moldados.	Sim	n.d.

Fonte: NUNES, 2004.

3.2.6.3 Uso de Material Reciclado

Os agregados reciclados possuem uma qualidade heterogênea e inferior aos agregados convencionais e, dessa forma, para aumentar o potencial de reciclagem é necessária a garantia de homogeneidade da composição e de pureza (ou não contaminação) dos materiais (NUNES,

2004). De acordo com Nunes (2004) as principais características dos agregados reciclados são:

- Composição da mistura;
- Resistência contra intempéries;
- Tamanho e forma dos grãos;
- Resistência de carga;
- Permeabilidade;
- Ausência de contaminação (por óleos ou substâncias diversas).

Os primeiros estudos relacionados ao uso dos agregados produzidos a partir da reciclagem da fração mineral dos resíduos da construção civil no Brasil foram realizados por Pinto (1986) em argamassas, Bodi (1997) em pavimentos, Levy (1997) em argamassas e Zordan (1997) em concretos (ANGULO *et al.*, 2009).

As possibilidades de reciclagem de RCC, sob o ponto de vista técnico, variam de acordo com a sua composição, no entanto sua fração cerâmica (Classe A) pode ser beneficiada como agregados para diferentes aplicações (JOHN E AGOPYAN, 2000).

Segundos os autores John e Agopyan (2000), a fração de RCC proveniente predominantemente de concretos estruturais e rochas naturais podem ser recicladas como agregados para a produção de concretos estruturais. Nesse sentido, Nunes (2004) aponta que, no Brasil, este tipo de aplicação de agregados reciclados é dificultado pela ausência de separação dos resíduos na fonte (canteiros de obra, demolições e reformas).

Os resíduos como argamassas, produtos de cerâmica vermelha e de revestimentos são mais porosos e de menor resistência mecânica, provocando um aumento da absorção de água e uma redução da resistência dos agregados. Dessa forma, a aplicação de agregados provenientes da reciclagem das frações citadas, ou seja, os agregados mistos, é limitada à concretos de menor resistência como blocos de concreto, contra-pisos, camadas drenantes etc. (JOHN E AGOPYAN, 2000).

Ainda, de acordo com John e Agopyan (2000), a presença de produtos de gesso limita a reciclagem da fração cerâmica, isto é, dos resíduos Classe A, uma vez que são solúveis em água e apresentam reações expansivas com o cimento Portland.

Frações de RCC compostas de solo com materiais cerâmicos e baixos teores de gesso podem ser reciclados na forma de sub-base para pavimentação e a fração metálica pode ser comercializada com facilidade para a indústria da sucata (JOHN E AGOPYAN, 2000).

Em suma, as principais aplicações para os reciclados de RCC são as seguintes (CÓRDOBA, 2010, p. 44; NUNES, 2004, p. 50):

- Base para pavimentações (pavimentação para tráfego leve, regularização e cascalhamento de ruas de terra e calçadas);
- Construção de estradas (base e sub-base, guias e sarjetas);
- Obras de urbanização e de instalações esportivas;
- Obras de drenagem;
- Obras de edificações (blocos de concreto de vedação, argamassas e conta pisos);
- Contenção de encostas com sacaria de entulho-cimento;
- Fabricação de artefatos de cimento como, por exemplo, blocos, bloquetes, bancos, pisos em concreto;
- Argamassas de assentamento de tijolos ou revestimentos.

No Brasil, as normas técnicas que disciplinam as principais aplicações dos agregados reciclados de RCC foram elaboradas pela ABNT e publicadas em 2004. Estas normas estabelecem diretrizes para o uso dos agregados reciclados de RCC em camadas de pavimentação e concreto sem função estrutural e são descritas a seguir:

- NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos
- NBR 15116:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

3.2.7 Disposição final

De acordo com SINDUSCON-SP (2005), as soluções para destinação final devem contemplar aspectos como compromisso ambiental e viabilidade econômica, garantindo a sustentabilidade e condições para reprodução pelos geradores de resíduos.

3.2.7.1 Disposição irregular

As disposições irregulares exigem ações corretivas por parte do poder público e provém, em sua maioria, de agentes de pequeno porte e população de baixa renda que não consegue recorrer aos coletores. Os “bota foras” são as áreas de maior dimensão, públicas ou privadas, utilizadas para atividades de aterro de RCD onde não há licenciamento da área e nenhum controle técnico. O conhecimento dessas áreas é importante para que elas sejam envolvidas na política de gerenciamento de RCD (PINTO E GONZÁLEZ, 2005). Além dos bota-foras clandestinos, existem as áreas de deposição irregular resultante de pequenos geradores de RCC que depositam seus resíduos em áreas livres como, por exemplo, em lotes vagos, margens de córregos, vias urbanas e áreas verdes degradadas (CÓRDOBA, 2010).

Neste sentido, a Resolução CONAMA nº307/2002 (BRASIL, 2012) definiu que as disposições de RCC em aterros sanitários, aterros controlados e áreas de bota-fora nos municípios deveria acabar até junho de 2004.

Morais (2006) realizou um diagnóstico da situação das deposições irregulares de RCC em dois bairros da periferia do município de Uberlândia por meio de aplicação de questionários, entrevistas informais, visitas in loco, observação direta intensiva e registro fotográfico sistemático. A análise resultou no mapeamento de doze áreas de deposição irregular e a falta de locais destinados à disposição de RCC foi a principal causa identificada para a existência das deposições irregulares detectadas. Além disso, verificou-se que estas áreas funcionam como pólo de atração para resíduos de outra origem, contaminando e prejudicando a possibilidade de reciclagem e aproveitamento dos mesmos.

Da mesma forma, Meneghetti Oliveira (2008) aponta que os pontos de lançamento irregular de RCC atraem o lançamento de outros tipos de resíduos agravando os impactos ambientais decorrentes da deposição. De acordo com a autora, dos 183 pontos irregulares de RCC identificados em sua pesquisa no município de Bauru/SP, 125 continham outros tipos de resíduos como podas de árvores, resíduos domésticos, comércio/serviço, industrial, hospitalar, conforme Figura 3.12.



Figura 3.12: Ponto de deposição de RCC junto com outros tipos de resíduos

Fonte: MENEGHETTI OLIVEIRA, 2008.

Uma prática constante em relação aos descartes irregulares de RCC tem sido a sua deposição em margens de rios e córregos trazendo consequências como enchentes, deterioração da qualidade das águas e proliferação de vetores e transmissão de doenças (MENEGHETTI OLIVEIRA, 2008). A Figura 3.13 mostra uma situação de deposição de RCC em leitos de um córrego no município de Bauru/SP.



Figura 3.13: Ponto de deposição de RCC provocando o assoreamento de um córrego no município de Bauru/SP

Fonte: MENEGHETTI OLIVEIRA, 2008.

Schneider (2003) investigou e detectou diversas causas relacionadas à persistência da deposição irregular de RCC no município de São Paulo, sendo elas:

- Ausência de política pública municipal que considere os problemas do RCC;
- Investimento de recursos significativos na remoção contínua dos RCC inadequadamente dispostos;
- Inexpressividade das ações de controle de deposições irregulares por parte da administração municipal;
- Distância de transporte entre a geração e a destinação de RCC;
- Contratação de transportadores privados irregulares;
- Recebimento de valores significativos por empresas contratadas pela administração municipal como pagamento por serviços de remoção, remunerados por quantidade de RCC removida.

Em relação à distância de transporte entre geração e a destinação de RCC, constatou-se que 40% do custo total de uma caçamba está relacionado com as distâncias percorridas. Dessa forma, o transportador ilegal consegue praticar preços abaixo do mercado pelo serviço de coleta e transporte, pois seus custos são minimizados a partir da redução das distâncias habituais com a deposição irregular. Como consequência, o poder público, ou seja, de forma indireta, a própria população, arca com os custos de remoção dos RCC das áreas irregulares (SCHNEIDER, 2003). De acordo com a Figura 3.14, pode-se notar a dinâmica que ocorre quando há deposição irregular com ação do poder público e a Tabela 3.8 apresenta a distribuição dos custos pela coleta, transporte e disposição ambientalmente correta do RCC. Os valores apresentados não estão atualizados, no entanto são úteis como informação relativa, ou seja, na análise entre eles.

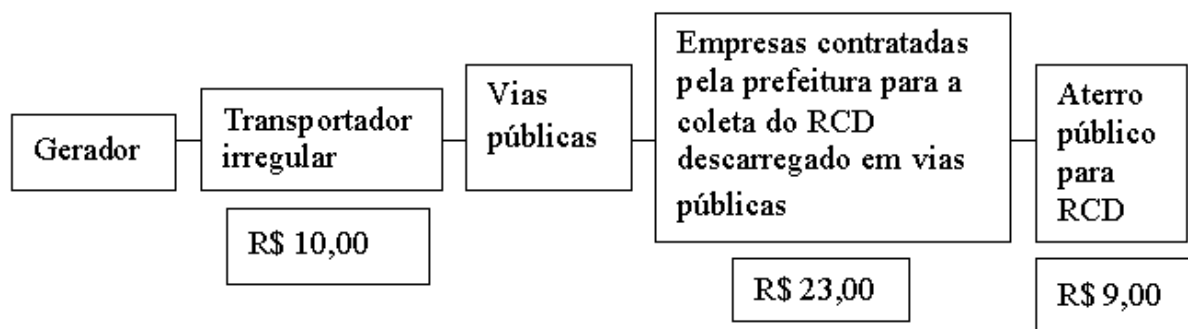


Figura 3.14: Fluxo de valores da gestão corretiva de RCC (preços estimados, por tonelada, base 2002)

Fonte: SCHNEIDER, 2003

Tabela 3.8: Distribuição dos custos de uma caçamba entre o gerador e a sociedade

ATORES	VALORES (R\$)	%
Gerador	10,00	24
Sociedade	32,00	76
Total	42,00	100

Fonte: SCHNEIDER, 2003

As empresas irregulares sistematizam a descarga irregular e forçam as empresas cadastradas pela municipalidade a agirem de forma ilegal, ou seja, com deposições irregulares para se tornarem competitivas frente aos baixos custos praticados no mercado. Segundo Schneider (2003), esta é uma explicação plausível para a diminuição do número de empresas de transporte de RCC cadastradas no município de São Paulo.

De acordo com Pinto (1999), para que ocorra a facilitação da disposição dos RCC nos municípios e a minimização da ocorrência de deposições irregulares, deve-se considerar os seguintes aspectos:

- Boa oferta de áreas públicas de pequeno e médio porte, onde poderão ser descartados RCC. Estas áreas deverão se situar, se possível, nos locais com disposição clandestina constante ou em suas proximidades;
- Direcionamento das pequenas áreas (cerca de 300 m²) para a recepção de pequenos volumes de RCC e de resíduos sólidos não-domiciliares, não-sépticos e não-industriais (tais como: podas de árvores e embalagens - alumínio, vidro, papel) transportados em veículos particulares ou em veículos de agentes informais de coleta;
- Direcionamento das áreas de médio porte (entre 3.000 e 5000 m²) para a recepção de volumes significativos somente de RCC, que são transportados por veículos maiores. Estas áreas podem incluir centrais de reciclagem de RCC, reduzindo-se assim custos com transporte, ou servir como local para acumulação e transbordo para a central de reciclagem, situada em outra região.

Dessa forma, ações no sentido de minimizar as deposições clandestinas de RCC devem ser incentivadas pelo poder público a fim de se obter uma melhora em relação ao meio ambiente e saúde pública e uma diminuição dos custos com limpeza pública.

3.2.7.2 Destinação final adequada

Na tentativa de reduzir os impactos causados pelas deposições irregulares dos RCC, a Resolução CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2012) alterada pelas Resoluções CONAMA nº 431/2011 (BRASIL, 2012) e nº 448/2012 (BRASIL, 2012), definiu a destinação final adequada dos RCC associada com a classificação dos resíduos estabelecida pela própria resolução. Dessa forma, os RCC, após triagem, deverão ser destinados das seguintes formas:

- I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros; (nova redação dada pela Resolução CONAMA nº 448/12);
- II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
- IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (nova redação dada pela Resolução CONAMA nº 448/12) (BRASIL, 2012).

Dentre as classificações estabelecidas para os RCC, o resíduo Classe A é o principal material gerado pela atividade de construção, demolição ou reforma. Neste caso, além da já citada área de reciclagem, a principal área de destinação final que se relaciona exclusivamente com os resíduos da construção civil é o Aterro de resíduo classe A de reservação de material para usos futuros. A Resolução CONAMA nº 448/12 definiu essa destinação final da seguinte forma:

Aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros: é a área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente e devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente;

Além disso, as normas brasileiras para disposição correta de RCC dão diretrizes para o projeto, implantação e operação das áreas. São elas:

- NBR 15.112/04: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004);
- NBR 15.113/04: Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004);
- NBR 15.114/04: Resíduos da construção civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004);

3.3 Geoprocessamento, Análise Espacial e Estudo de Localização

Neste item são apresentados alguns conceitos, definições e aplicações referentes ao geoprocessamento, sistema de informação geográfica (SIG), análise espacial e estudo de localização, tendo como objetivo fornecer elementos teóricos e práticos para a etapa do estudo de locais propensos para instalação de área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT).

3.3.1 Conceito e definições

O Geoprocessamento é o conjunto de métodos e técnicas destinados à coleta, tratamento, representação e análise de dados geográficos espacialmente localizados (dados aos quais são associadas coordenadas e projeção cartográfica) e disponíveis em meio digital. O principal objetivo desta ferramenta é a representação de fenômenos que possuam expressão territorial através, principalmente, da produção de novas informações acerca da realidade a ser estudada (SIMÕES, 2011).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema computadorizado, composto por um conjunto de ferramentas para manipulação de mapas e imagens digitais geograficamente referenciados. Os SIG possuem a capacidade de fazer a captura, entrada, manipulação, transformação, visualização, consulta, análise, modelagem e apresentação de dados geograficamente referenciados (ORNELAS, 2011). A Figura 3.15 apresenta resumidamente os componentes de um SIG.

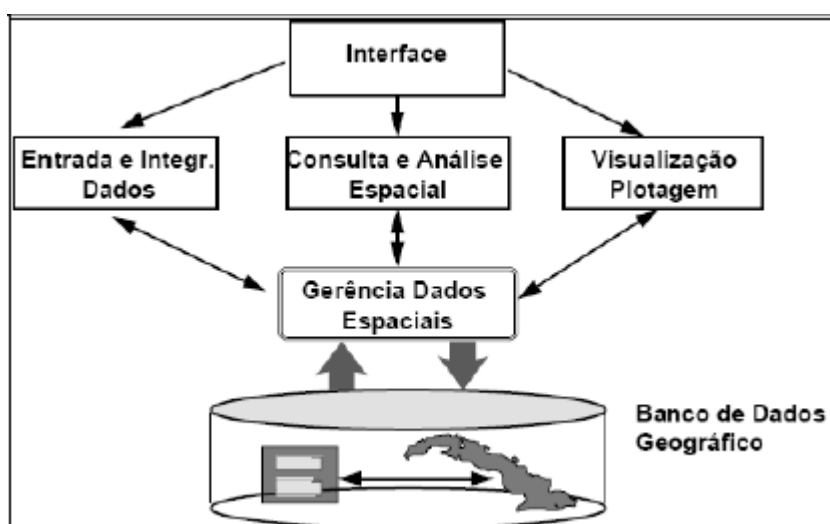


Figura 3.15: Componentes de um SIG

Fonte: ORNELAS, 2011 *apud* Câmara et. al. 2001.

A técnica do geoprocessamento com utilização do SIG é muito difundida tanto no meio acadêmico quanto em segmentos públicos e privados que utilizam sua aplicação para o auxílio do planejamento de ações territoriais (SIMÕES, 2011).

Sobre este aspecto, Simões (2011, p. 40) aborda a questão:

A ferramenta proporciona uma visão de conjunto, cujos elementos constituintes se dispõem de maneira integrada, e talvez seja esta uma das peculiaridades mais importantes do Geoprocessamento, o que justifica o seu uso no planejamento e a gestão, principalmente, na área ambiental.

A análise espacial consiste em mensurar variáveis e/ou a relação entre elas, considerando a localização espacial do fenômeno em estudo de maneira explícita (CÂMARA *et. al.*, 2001).

Nos últimos anos os estudos envolvendo geoprocessamento e análise espacial têm se tornado mais frequentes devido à disponibilidade de SIG. As informações e análises obtidas por estes estudos tem sido comumente utilizada por órgãos governamentais e empresas privadas como fonte de dados e informações para tomada de decisão e planejamento estratégico (CÂMARA, 2002 *apud* ORNELAS, 2011).

Nesse mesmo sentido, os estudos de localização foram muito teóricos durante muitos anos devido às dificuldades encontradas para seu desenvolvimento prático. Os principais motivos eram a falta de dados necessários para realização do estudo e a dificuldade para processar tais dados. Com o desenvolvimento dos SIG – Sistema de Informações Geográficas, foram desenvolvidas aplicações práticas para os estudos de localização, devido a habilidade destes sistemas de armazenar, manipular, processar e criar informações georreferenciadas (HUNGARI,2009).

A localização das atividades pode ser relacionada a dois conceitos fundamentais, sendo o primeiro ligado ao movimento e fluxo de pessoas e mercadorias e o segundo relativo à distância (acessibilidade) entre os locais (MORENO, 2004 *apud* HUNGARI, 2009). Segundo Hungari (2009), para solucionar problemas de localização, devem ser considerados os seguintes aspectos:

1) A atividade humana que se deseja localizar no território e os insumos necessários para sua implantação. 2) Os elementos existentes no território que incidem na posição mais adequada para se colocar uma instalação. Podem ser muito variáveis e diferentes segundo cada problema de localização. Estes elementos estimularão a aparição de fluxos espaciais entre eles mesmos e outros elementos, e são denominados fatores de localização. 3) A rede de comunicação ou transporte através das quase se movem os elementos anteriores.

A seguir são apresentadas algumas aplicações encontradas na literatura relacionadas à análise espacial de dados geográficos e estudos de localização com o intuito de demonstrar como os conceitos brevemente apresentados são utilizados, principalmente relacionado ao gerenciamento de resíduos, e de fundamentar a metodologia proposta neste trabalho.

3.3.2 Aplicações

3.3.2.1 Análise espacial

São inúmeros os exemplos de aplicação de técnicas de análise espacial com o uso de ferramentas SIG em avaliações ambientais.

Ribeiro Neto (2009) criou um banco de dados georreferenciados em um sistema de informações geográficas para um aterro sanitário de disposição final de resíduos sólidos urbanos no estado da Bahia. O banco de dados permitiu realizar análises espaciais e mapas temáticos considerando a hidrografia, para avaliação das proximidades dos cursos d'água, e o sistema viário, permitindo avaliar a acessibilidade do aterro.

Meneghetti Oliveira (2008) realizou um desenvolvimento de uma ferramenta para apoio à gestão de RCC com o uso do georreferenciamento. A autora realizou o georreferenciamento das áreas de deposição irregular e autorizadas na cidade de Bauru/SP. Tal levantamento possibilitou a geração de alguns mapas temáticos cruzando as informações das deposições de RCC com outras consideradas relevantes à realidade da cidade. O intuito foi averiguar se os RCC interferem ou não em algumas situações. Uma das condições analisadas pela autora foi a relação das deposições de RCC com os vazios urbanos, a Figura 3.16 apresenta o mapa gerado.

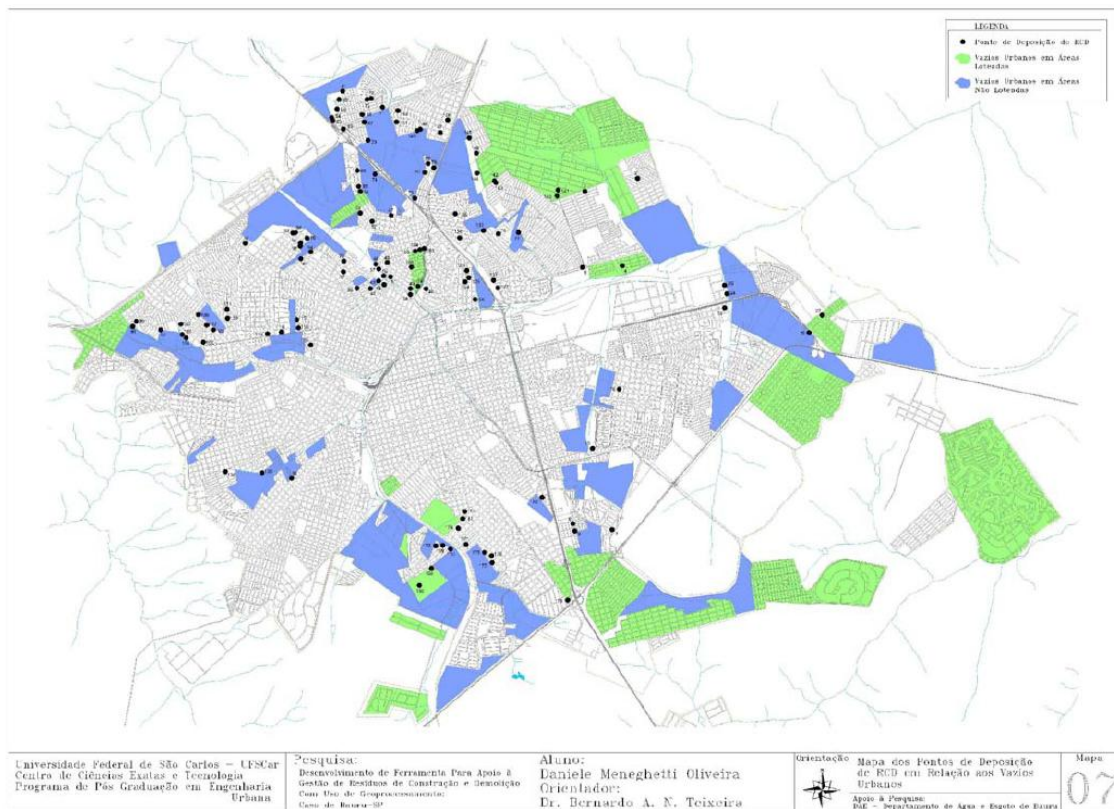


Figura 3.16: Relação entre deposições irregulares de RCC e Vazios Urbanos

Fonte: MENEGHETTI OLIVEIRA, 2008.

A autora constatou um grande número de deposições irregulares inseridas ou próximas aos vazios urbanos (as áreas verdes representam os vazios urbanos em áreas loteadas e as áreas azuis representam os vazios urbanos em áreas não loteadas) indicando que espaços ociosos dentro da área urbana e sem políticas que tratem da questão dos resíduos e dos vazios urbanos aumentam as chances destes locais se tornarem pontos de deposições de RCC e outros tipo de resíduos.

A partir das aplicações apresentadas percebe-se que existe uma variedade de informações que podem ser avaliadas de acordo com o interesse da análise.

Schneider (2003) mapeou a origem dos transportadores privados formais de RCC no município de São Paulo e as relacionou com a destinação e com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). O autor verificou que as regiões de IDH alto e médio são as maiores produtoras formais de RCD no município estudado. Observou-se que a origem das viagens destinadas para as unidades de transbordo ou destinação final de RCC tendem a se concentrar em regiões de IDH alto e médio, conforme apresentado na Figura 3.17.

Diante desta avaliação, Schneider (2003) concluiu que as regiões de IDH baixo e muito baixo utilizam menos o serviço de transportadores formais e, dessa forma, estão mais sujeitas à deposição irregular de RCD em vias e logradouros públicos.

Nesse sentido, Pinto (1999) realizou um levantamento das áreas de deposições irregulares de RCD em alguns municípios no estado de São Paulo definindo o porte e os locais em que as mesmas estavam localizadas. A Tabela 3.9 apresenta o porte das deposições irregulares detectadas pelo autor.

O autor concluiu, a partir da alta ocorrência de disposições irregulares de pequeno porte, que esta é a solução adotada principalmente pelos pequenos geradores e pequenos coletores. O autor destaca a situação mais grave em São José dos Campos devido à existência de um sistema viário truncado. As deposições irregulares de maior porte indicam a presença de grandes coletores ou geradores que reduzem seu custo com transporte dos RCC pela redução das distâncias, repassando para as prefeituras o custo da destinação final, a partir da gestão corretiva.

Associado à avaliação anteriormente realizada, Pinto (1999) relacionou a distribuição geográfica das deposições irregulares com a renda nos municípios a partir de uma análise espacial. As Figura 3.18, Figura 3.19 e Figura 3.20 apresentam as distribuição espacial das deposições irregulares nos municípios estudados.

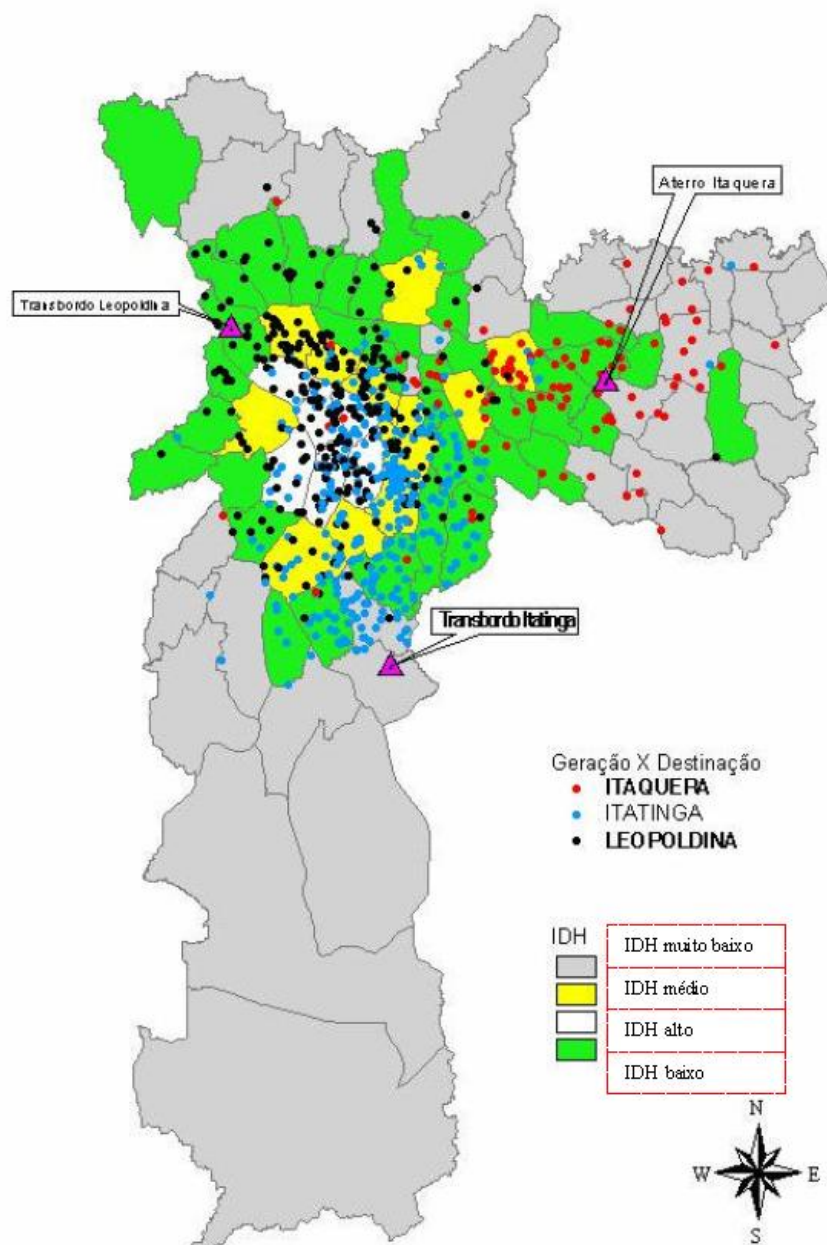


Figura 3.17: Origem dos RCD coletado por transportador privado

Fonte: SCHNEIDER, 2003 (Baseado em Departamento de Limpeza Urbana, banco de dados de Controle de Transporte de Resíduos, 2002 e 2003).

Tabela 3.9: Porte das deposições irregulares de RCD em alguns municípios de São Paulo

Porte das deposições irregulares (1)	Municípios		
	Santo André (até 10/97)	Ribeirão Preto (até 11/95)	São José Campos (até 09/95)
de 01 a 10 m ³ /mês	84%	57%	16%
de 11 a 50 m ³ /mês	12%	35%	59%
de 50 a 100 m ³ /mês	2%	7%	15%
superior a 100 m ³ /mês	2%	1%	10%

Fonte: PINTO, 1999.

Nota-se em geral uma concentração dos pontos de deposições irregulares de maior porte em regiões com renda mais baixa. De acordo com Pinto (1999) tal fato demonstra um descompromisso com a qualidade ambiental por parte dos usuários (geradores ou coletores) e “revela os condicionantes desses mesmos usuários quanto às suas possibilidades de deslocamento para a disposição dos resíduos”.

A percepção dos fatores relacionados à ocorrência de deposição irregular é uma importante ferramenta para a definição de novas práticas de gestão que tenha como objetivo a superação dos problemas detectados nos municípios brasileiros (PINTO, 1999).

Dessa forma, as análises espaciais são importantes para auxiliar na gestão de resíduos sólidos permitindo a análise de variáveis de interesse de forma espacial nas áreas de estudo. De uma forma geral, as análises espaciais, quando devidamente submetidas e ajustadas às especificidades de seus objetos de estudo, permitem diferentes usos (SIMÕES, 2009).

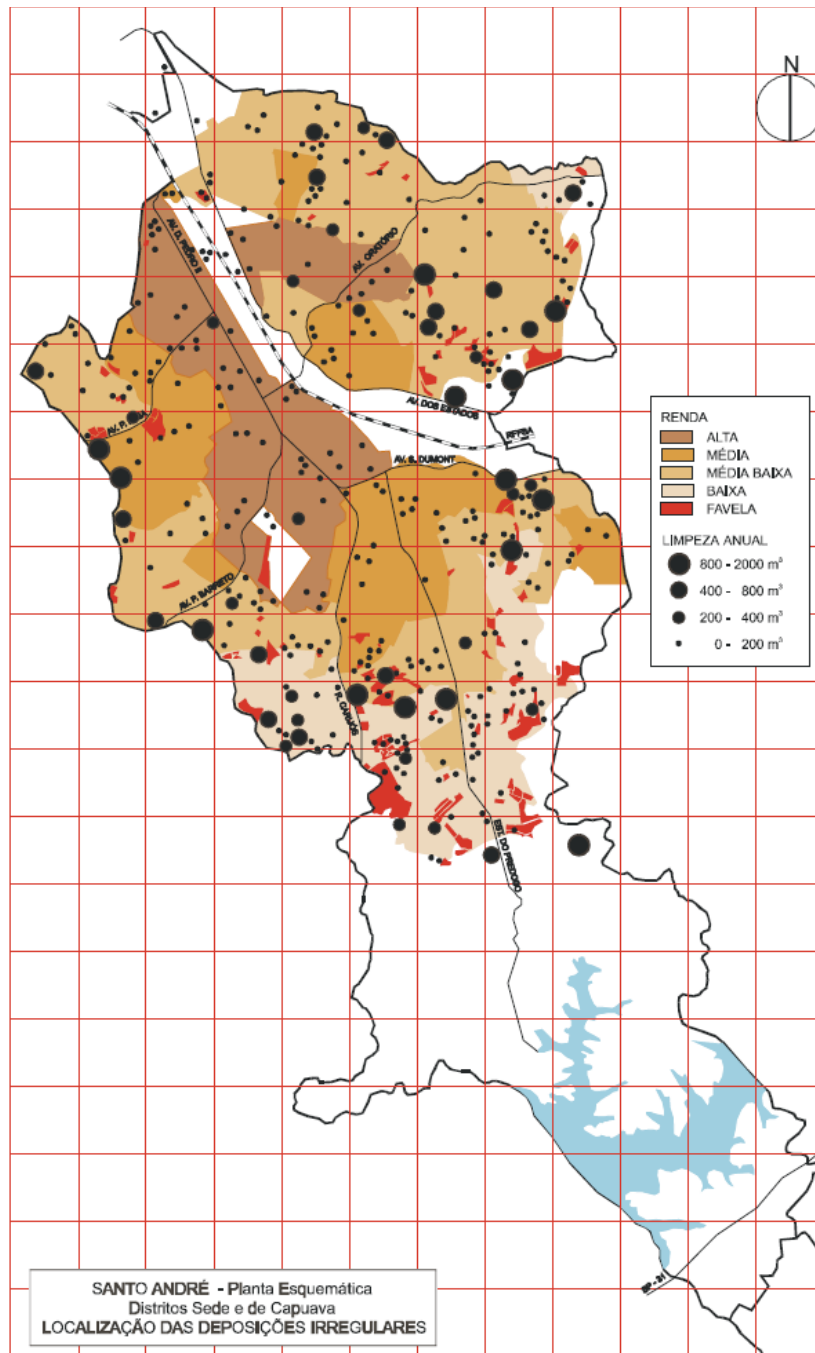


Figura 3.18: Localização e porte das deposições irregulares em Santo André / SP
 Fonte: PINTO, 1999.

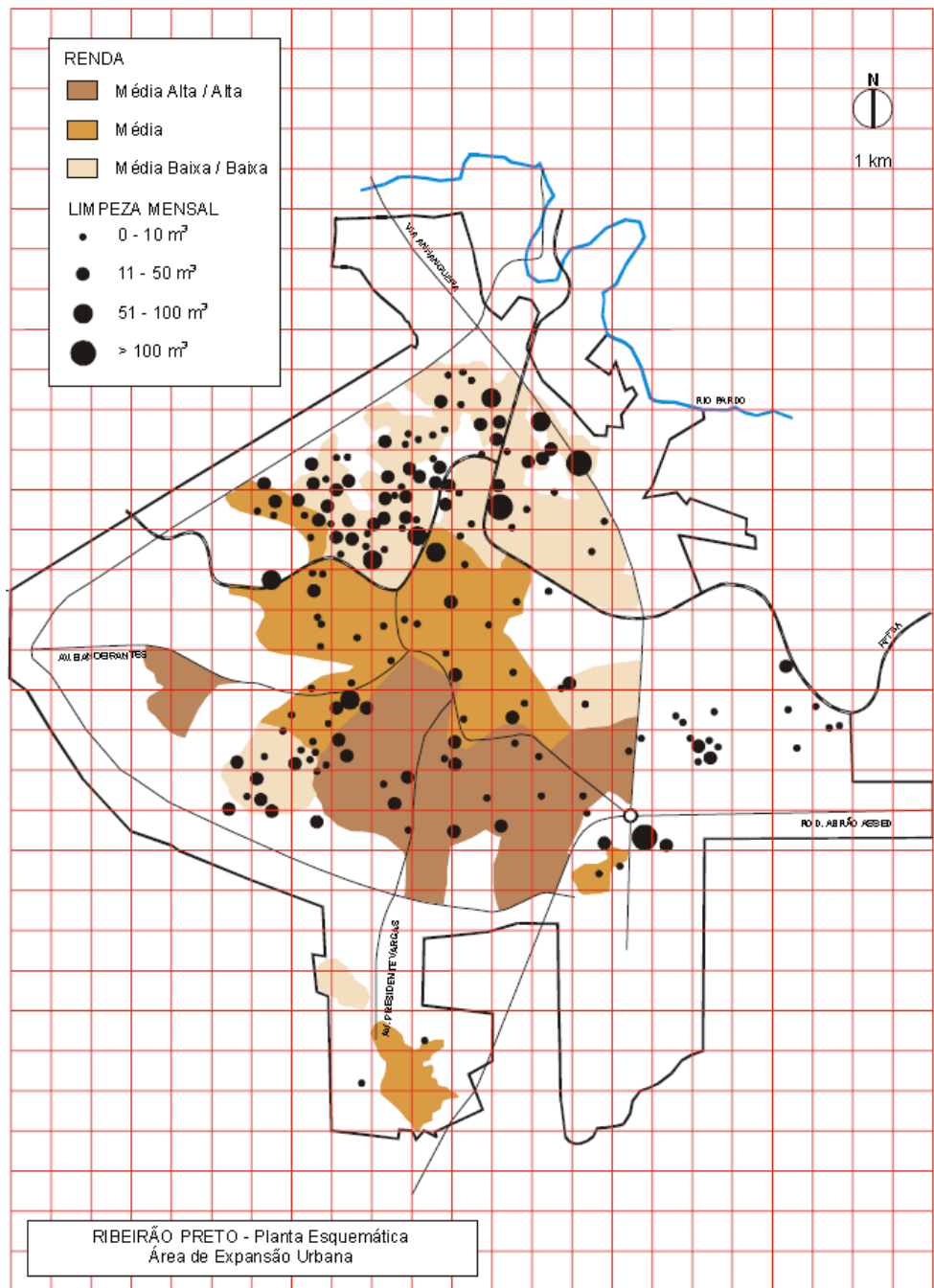


Figura 3.19: Localização e porte das deposições irregulares em Ribeirão Preto / SP
 Fonte: PINTO, 1999.

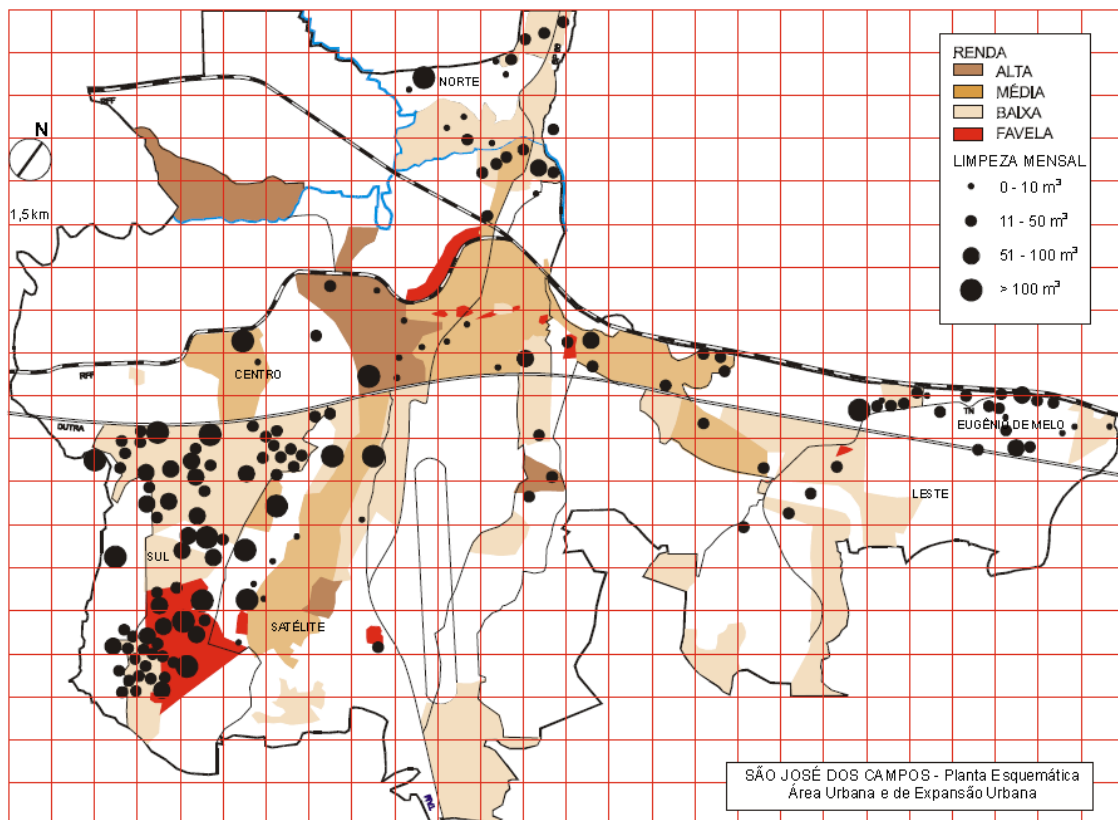


Figura 3.20: Localização e porte das deposições irregulares em São José dos Campos / SP
 Fonte: PINTO, 1999.

3.3.2.2 Localização de equipamentos públicos

A disposição final dos resíduos tem se afastado cada vez mais dos seus locais de geração devido, principalmente, às aglomerações urbanas que limitam a disponibilidade de áreas passíveis de instalação destes empreendimentos. Nesse sentido, Monteiro *et al.* (2001) afirma que a localização das áreas de destino final de resíduos tem se distanciado dos centros de massa de geração de resíduos em decorrência de exigências ambientais e da pressão da população em aceitar a instalação locais para disposição final de resíduos próximos a suas residências.

O principal aspecto negativo que surge a partir do aumento na distância entre os pontos de geração de resíduos e seu destino final é o aumento dos custos de transporte. No que tange aos resíduos da construção civil, os custos com o transporte deste tipo de resíduo fica a cargo dos geradores, no entanto, o aumento destes custos incentiva a disposição irregular que por sua vez é de responsabilidade do município.

Além disso, outros problemas que podem ser apontados são o atraso nos roteiros de coleta, o aumento do tempo improdutivo de trabalhadores à espera do retorno de veículo que foi

descarregar no aterro e a redução da produtividade dos caminhões de coleta (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Quando é necessário percorrer grandes distâncias faz-se necessário o transporte dos resíduos para estações de transferência ou áreas de transbordo de resíduos como forma de solucionar os problemas que surgem a partir do aumento das distâncias, principalmente para minimização dos custos com o transporte.

Alguns municípios já vêm optando pela implantação de estações de transbordo de resíduos. A definição da localização destas áreas é crucial para o cumprimento de sua função e aumento da sua eficiência.

O princípio de utilização das estações de transbordo que sustentam sua lógica de funcionamento é a transferência de pequenas cargas provenientes de veículos de coleta de resíduos para veículos de transporte de resíduos com maior capacidade, reduzindo os custos de transporte e possibilitando uma otimização de tempo e redução de consumo de combustível, dos custos de manutenção e das emissões atmosféricas. As estações de transbordo propiciam melhores condições de tráfego, além de promover uma oportunidade de triagem dos resíduos, permitindo a identificação de resíduos recicláveis e inapropriados para aterragem (EPA, 2001).

Lima *et al.* (s/d) realizaram um estudo de localização para implantação de uma estação de transferência de resíduos urbanos, a partir da adoção da premissa logística de consolidação de cargas. A consolidação de cargas consiste em criar grandes carregamentos, a partir de vários outros pequenos, a fim de obter economia de escala no custo dos fretes e aumentar o nível do serviço ao cliente (TYAN *et al.*, 2002).

Os serviços de limpeza urbana consomem entre 7 e 15% dos recursos de um orçamento municipal, dos quais cerca de 50% são destinados à coleta e ao transporte dos resíduos (IPT, 2000 *apud* LIMA *et al.*, s/d).

O intuito da pesquisa de Lima *et al.* (s/d) foi integrar a rede de transporte de resíduos nos municípios participantes do Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas e, conseqüentemente, reduzir os custos associados a esta atividade. A maneira de alcançar essa redução de custos é a partir da montagem de uma rede de instalações envolvendo estações de *cross-docking* ou de transferência (Figura 3.21).

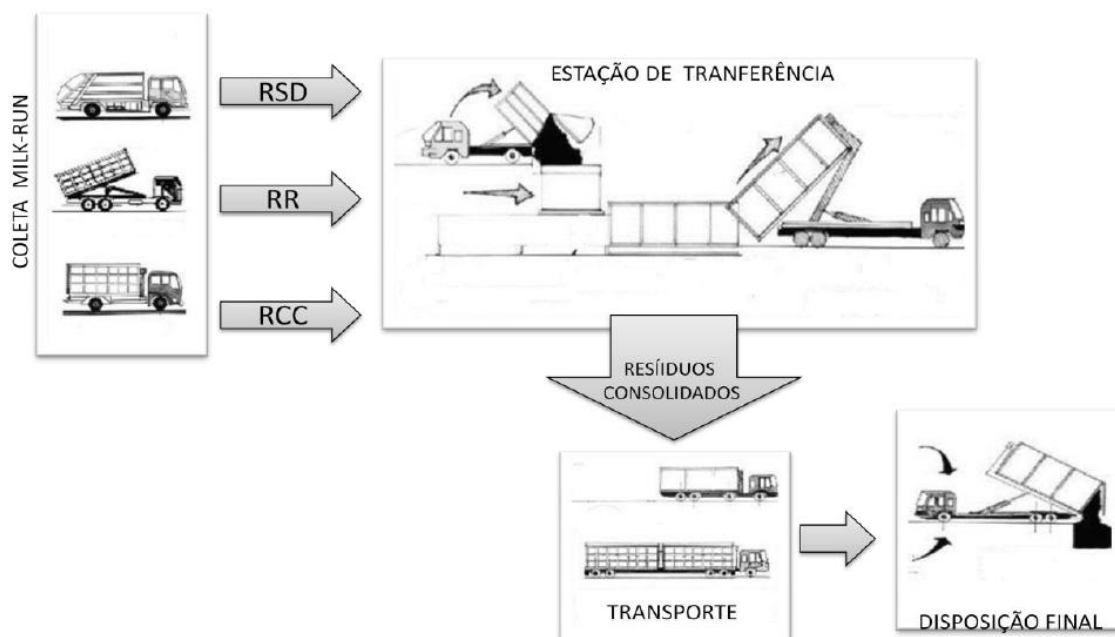


Figura 3.21: Ilustração de uma operação de *cross-docking* de resíduos com consolidação de carga e veículos (RSD – resíduos sólidos domiciliares, RR- resíduos recicláveis, RCC – resíduos da construção civil)

Fonte: LIMA *et al.* (s/d)

A técnica de análise utilizada pelos autores foi baseada na geometria analítica, identificando o centro de gravidade geográfico da rede logística. Tal técnica é adequada para localização de uma única instalação. Para o cálculo do centro de gravidade foram utilizados os dados de geração de resíduos (em massa) conforme informações apresentadas na Tabela 3.10.

Tabela 3.10: Dados para cálculo de coordenadas do centro de gravidade

Município	Coordenadas x (dix)	Coordenadas y (diy)	Vi (ton)
Americana	26064.75	748312.50	4.135
Hortolândia	272392.87	7470671.82	2.600
Monte Mor	262504.67	7460557.53	600
Nova Odessa	264189.14	7479310.56	1.149
Sumaré	267149.47	7474581.53	3.696
CENTRO DE GRAVIDADE	Cx 265161.57	Cy 747290.22	12.180

Fonte: LIMA *et al.* (s/d)

Para apresentar o resultado espacial obtido a partir dos cálculos efetuados pelo método de centro de gravidade para definição da localização da estação de transbordo, Lima *et al.* (s/d) utilizaram o *software Google Earth* (Figura 3.22) e para calcular as distâncias médias para o cálculo dos fretes.

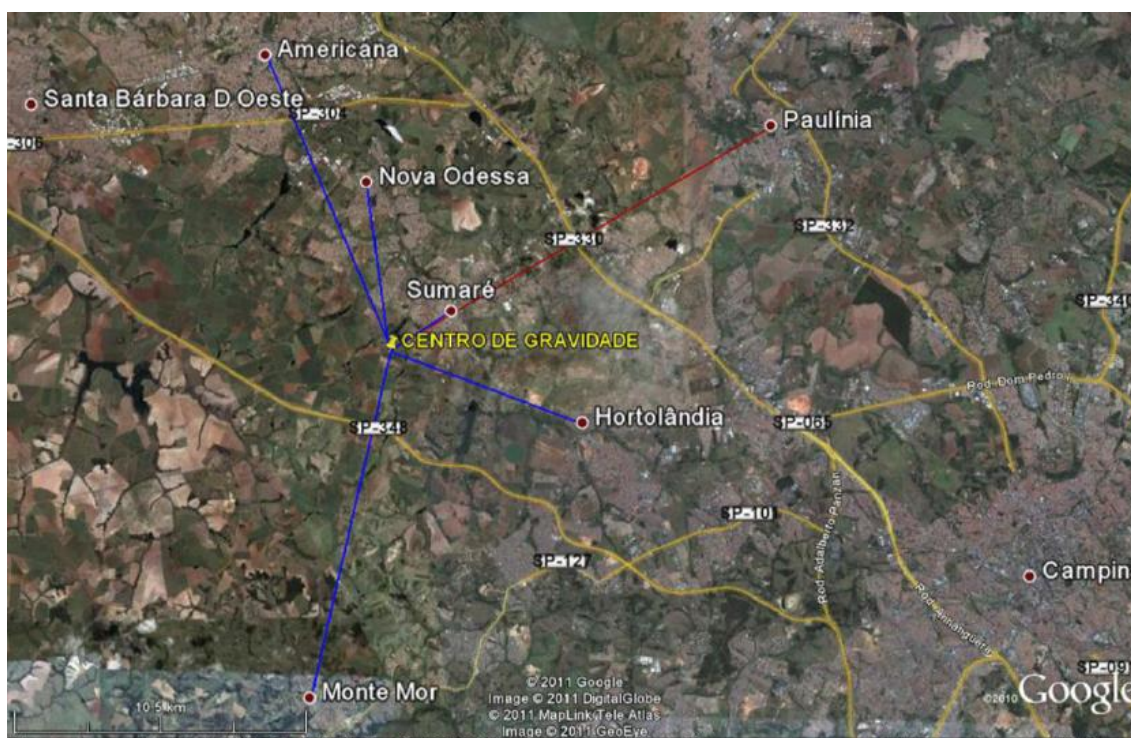


Figura 3.22: Localização do centro de gravidade para estação de transferência de resíduos do consórcio intermunicipal

Fonte: LIMA *et al.* (s/d).

No mesmo sentido, Ornelas (2011) propôs e testou metodologia para definição de locais para implantação de pontos de entrega voluntária de resíduos sólidos (PEV) considerando duas principais variáveis. A primeira foram as áreas de equipamentos públicos (escolas, praças, parques) que, devido ao seu caráter público de utilização, apresentam como locais naturalmente aptos para a implantação de PEV. A segunda variável foi a densidade de domicílios, considerando que a aptidão para instalação de um PEV é diretamente proporcional à concentração de residências. O autor aplicou conceitos, técnicas e procedimentos inerentes ao geoprocessamento e análise espacial com a utilização do programa computacional *ArcGIS*.

Como resultado, o autor apresentou um mapa de aptidão para instalação de PEV no distrito de Cachoeira do Campo – município de Ouro Preto-MG (Figura 3.23). Os locais mais indicados para implantação de um PEV apresentam-se com aptidão “Muito Alta”. Segundo Ornelas (2011) outros dados relacionados aos resíduos sólidos recicláveis podem ser adicionados na análise para definição da localização para instalação de um PEV.

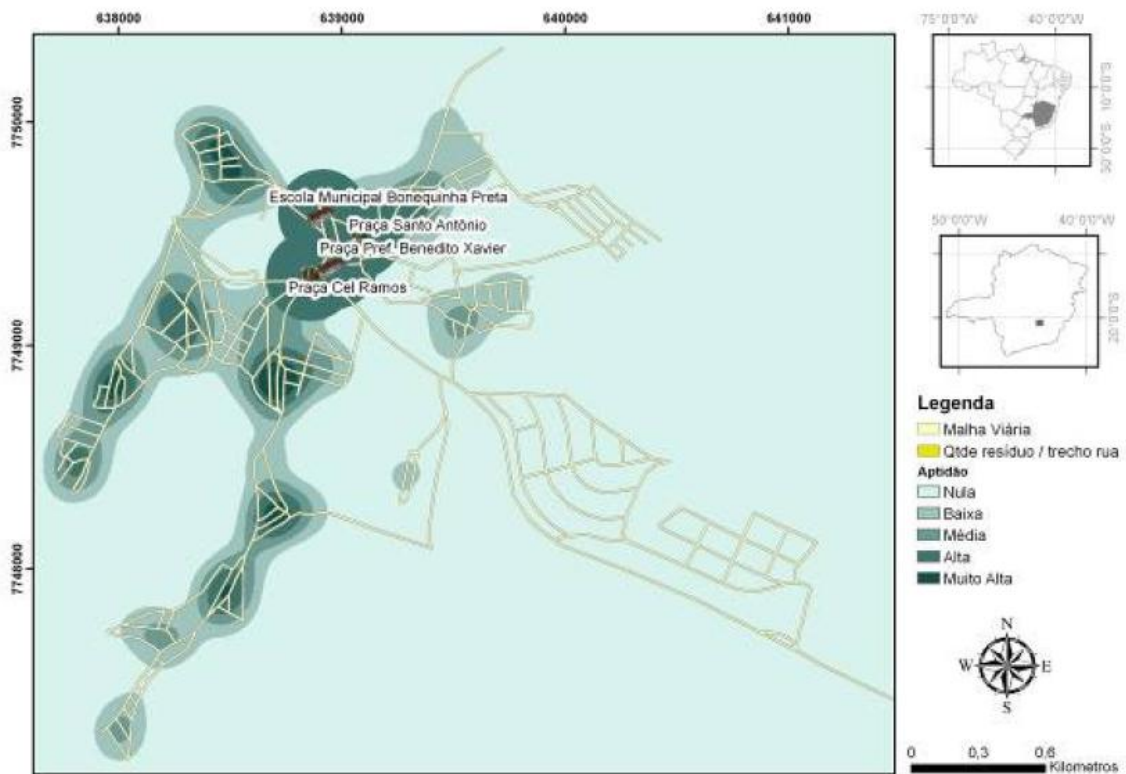


Figura 3.23: Mapa de aptidão para instalação de PEV para o distrito de Cachoeira do Campo.

Fonte: ORNELAS, 2011.

Além dos trabalhos já citados, pode-se encontrar na literatura diversos outros exemplos de trabalhos de pesquisa onde há a utilização de SIG na GRSU e em relação à utilização de SIG para a seleção de áreas para implantação de aterros sanitários. Alguns desses trabalhos foram citados por Ornelas (2011), são eles: Baasch (1995), Brasileiro e Lacerda (2002), Brollo (2001), Calijuri *et al.* (2002), Dalmas (2008), Paes (2004). Samizava (2008), Vieira (1999), Weber e Hasenack (2002), entre outros.

3.4 Marcos regulatórios e Normatizações Vigentes

A principal motivação de uma adequada gestão de RCC são as imposições legais e normativas e, dessa forma, o conhecimento e entendimento da legislação e normas que tratam sobre os resíduos da construção civil são extremamente necessários.

3.4.1 Contexto federal

A norma constitucional suprema, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, trata das questões ambientais não se limitando a apenas um trecho, mas permeando todo o documento, demonstrando a relevância do meio ambiente perante o Estado. A questão dos resíduos sólidos não é tratada de forma específica ou expressa pela Constituição.

O marco histórico para os resíduos sólidos, no âmbito federal, é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) que, após 21 anos no legislativo, foi aprovada em 2010. Desta forma, o Brasil passa a ter um marco regulatório na área de resíduos sólidos. Tal Lei faz distinção entre resíduos e rejeitos, ou seja, o que pode ser reaproveitado ou reciclado e o que não é passível de reaproveitamento, respectivamente, e destaca que a disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada somente de rejeitos em aterros. Dessa forma, a legislação indica que para os resíduos devem ser esgotadas todas as possibilidades de reuso e reciclagem por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis até que este se torne um rejeito e seja destinado para um aterro. Além disso, é estabelecido um prazo de quatro anos após a data de publicação desta Lei para que os rejeitos tenham uma disposição ambientalmente adequada.

De maneira específica, a principal legislação no âmbito federal que trata sobre os resíduos da construção civil é a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicada em julho de 2002 e que entrou em vigor no dia 03 de janeiro de 2003, sendo considerada como o primeiro marco regulatório da gestão dos resíduos da construção civil. Esta resolução estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados por estes. Antes disso, não havia nenhuma legislação que tratasse o RCC de maneira específica.

Pucci (2006) destaca que a resolução estabelece o gerador como responsável pelo resíduo por ele gerado, desencadeando em uma maior preocupação da indústria da Construção Civil não só pela coleta do RCC em seus canteiros, como por toda a logística envolvida até seu destino final.

Pinto (2005) aponta que ao definir as ações necessárias para a gestão e gerenciamento de RCC, a resolução ratifica o cumprimento da Lei de Crimes Ambientais – Lei Federal nº 9.605, 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998) – que estabelece penalidades aos responsáveis por ações inadequadas em relação à disposição de resíduos.

Nesse sentido, a resolução despertou uma maior atenção dos geradores de RCC para um gerenciamento adequado na medida em que os define como responsáveis e estabelece punição caso não a mesma não seja cumprida.

A resolução CONAMA nº307/2002 foi alterada em alguns aspectos por outras resoluções no sentido de adequar e melhorar alguns conceitos e definições. Vale ressaltar que estas mudanças surgiram após dez anos do primeiro marco regulatório sobre os RCC a partir de

uma visão mais amadurecida de algumas lacunas e de possíveis aprimoramentos para consolidar a principal legislação que trata sobre a gestão dos RCC.

Os resíduos da construção civil são classificados em quatro classes (A, B, C e D) de acordo com seus componentes. A Resolução nº 348 de 2004 do CONAMA, altera a definição da Classe D dos RCC incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. A Resolução nº 431 de 2011 do CONAMA, assim como a anterior, altera a definição das Classes B e C. Tal alteração inclui o gesso no rol dos resíduos recicláveis (Classe B), retirando o mesmo da condição de resíduos no qual não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicação economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação (Classe C).

A classificação final dos resíduos da construção civil vigente é apresentada na Tabela 3.11.

A maior quantidade de alterações da Resolução CONAMA nº 307/2002 foi realizada pela Resolução CONAMA nº 448/2012. Uma das principais modificações foi em relação a algumas definições e que implicaram em alterações em outros trechos da legislação que utilizavam tais definições. De acordo com a legislação, são adotadas as seguintes definições:

- Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;
- Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos da construção civil;
- Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;
- Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;
- Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;
- Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;
- Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;
- Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo às operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;
- Aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros: é a área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da

construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente e devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente;

- Área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT): área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos a saúde pública e a segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos; (nova redação dada pela Resolução 448/12)
- Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010; (nova redação dada pela Resolução 448/12)
- Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

A outra alteração estabelecida na Resolução CONAMA nº448/2012 está relacionada ao instrumento para implementação da gestão do RCC. Definiu-se, então, o Plano Municipal de Gestão de Resíduo da Construção Civil (PMGRCC) a ser elaborado pelos municípios e pelo Distrito Federal.

Tabela 3.11: Classificação dos Resíduos da Construção Civil vigente

Classe	Definição
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
C	Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação
D	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

O PMGRCC deverá estar em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e deve definir diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), a serem elaborados pelos grandes geradores. Além disso, deverá contemplar o cadastramento das áreas envolvidas no gerenciamento de pequenos volumes, o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos, a proibição da

disposição de RCC em áreas não licenciadas, o incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo, a definição de critérios para o cadastramento de transportadores, ações de orientação, fiscalização e controle dos agentes envolvidos e ações educativas com intuito de reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação (BRASIL, 2012).

Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil tem como principal objetivo a definição de procedimentos necessários para o manejo e destinação adequada dos resíduos gerados pelos grandes geradores. Nele devem ser contempladas as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação, todas de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA nº307/2002 (BRASIL, 2012). A estrutura criada pela Resolução CONAMA nº448/2012 é apresentada na Figura 3.24.

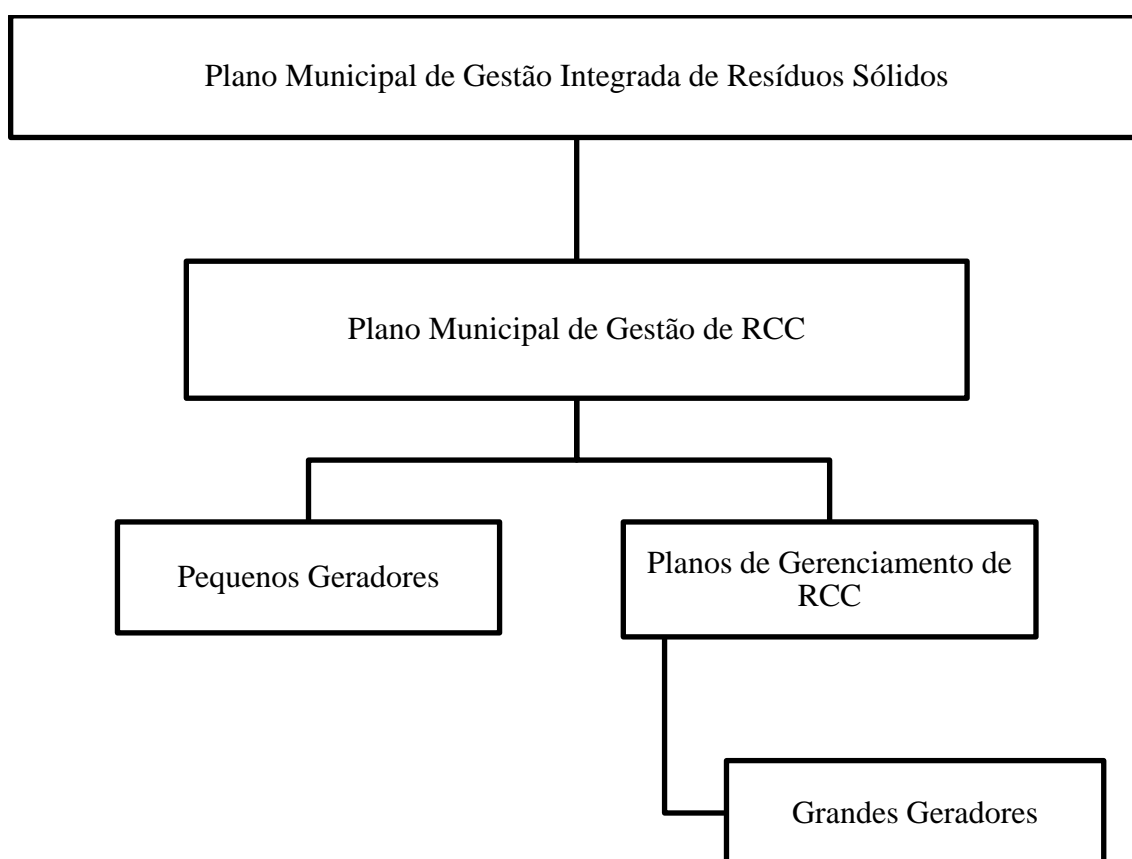


Figura 3.24: Estrutura prevista na Resolução nº 448 do CONAMA de 2012.

Segundo Marcondes (2007), “embora a resolução vigore desde janeiro de 2003, muitos municípios demoraram a elaborar seus Planos Integrados de Gerenciamento de RCC, e poucos o implementaram”.

Além disso, Córdoba (2010) relata que alguns autores apontam falhas na resolução no que se refere a critérios que definem os pequenos e grandes geradores e ausência de limites e

processos que permitam determinar o teor máximo de contaminantes incorporados a frações minerais ou a diferenciação de diretrizes para municípios de pequeno e grande porte.

Dessa forma, cabe aos municípios complementarem em seus Planos Integrados de Gerenciamento de RCC as lacunas apresentadas pelo marco regulatório federal de acordo com a sua realidade (CÓRDOBA, 2010).

3.4.2 Contexto estadual

No âmbito do estado de Minas Gerais, não há nenhuma legislação específica sobre os resíduos da construção civil. A Lei nº 18.031 de janeiro de 2009 (MINAS GERAIS, 2009) dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e não menciona os RCC. A partir desta, fica subentendido que os RCC estão classificados como resíduos sólidos especiais. A definição feita para este tipo de resíduo é a seguinte:

Resíduos sólidos especiais ou diferenciados os que, por seu volume, grau de periculosidade ou degradabilidade ou por outras especificidades, requeiram procedimentos especiais ou diferenciados para seu manejo e destinação final, considerando os impactos negativos e os riscos à saúde e ao meio ambiente.

Para estes resíduos, fica estabelecido que “a metodologia a ser empregada no manuseio dos resíduos sólidos especiais será objeto do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos”.

Em relação ao licenciamento de atividades relacionadas com o gerenciamento de RCC, a Deliberação Normativa COPAM nº 155, de 25 de agosto de 2010 (MINAS GERAIS, 2010), altera dispositivos da Deliberação Normativa COPAM nº 74 de 9 de setembro de 2004 (MINAS GERAIS, 2004), acrescentando na listagem dos empreendimentos códigos de atividade para manejo e destinação de resíduos da construção civil e volumosos. Foi inserida a categoria E-03-09-3, tal categoria define o porte do empreendimento e o potencial poluidor de aterro e/ou área de reciclagem de resíduos classe “A” da construção civil, e/ou áreas de triagem, transbordo e armazenamento transitório de resíduos da construção civil e volumosos. O potencial poluidor geral destas áreas é considerado pequeno, sendo o resultado dos potenciais poluidores do ar, água e solo. O porte do empreendimento foi definido em função da capacidade de recebimento de resíduos levando-se em consideração a capacidade de processamento dos equipamentos e sistemas instalados, da seguinte forma:

- Capacidade de Recebimento $\leq 200 \text{ m}^3/\text{dia}$: Pequeno
- $200 \text{ m}^3/\text{dia} < \text{Capacidade de Recebimento} < 500 \text{ m}^3/\text{dia}$: Médio
- Capacidade de recebimento $\geq 500 \text{ m}^3/\text{dia}$: Grande

3.4.3 Contexto Municipal

No contexto municipal, Belo Horizonte possui uma legislação específica no que tange aos RCC. A Lei nº 10.522 publicada em 24 de agosto de 2012 (BELO HORIZONTE, 2012)

institui o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC - e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - PMRCC, e dá outras providências. Têm-se as seguintes definições contidas na Lei:

Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC - é um conjunto de ações, serviços, infraestruturas e instalações operacionais que visam à gestão adequada dos resíduos da construção civil e dos resíduos volumosos no Município.

De acordo com a Lei nº 10.522/12, o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (PMRCC) é o instrumento para implementação do SGRCC devendo ser elaborado pelo município contemplando o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos e os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCCs). A Figura 3.25 apresenta de maneira esquemática os instrumentos para implementação do SGRCC.

Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) deverão ser apresentados pelos geradores e, no caso de atividades construtivas não caracterizadas como de impacto, este deverá ser apresentado para análise juntamente com o projeto arquitetônico. Para atividades construtivas de impacto, o PGRCC deverá ser analisado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente dentro do processo de licenciamento ambiental.

Vale ressaltar que a lacuna deixada pela Resolução CONAMA nº 307/2002 a respeito da diferenciação entre pequeno e grande gerador foi contemplada pelo município, conforme apresentado na Figura 3.25.

Em relação aos transportadores de RCC, a Lei nº 10.522/12 define que estes deverão ser licenciados pelo poder público municipal e deverão fornecer Comprovante de Transporte de Resíduos (CTR) aos geradores atendidos, identificando a correta destinação dada aos resíduos coletados. O CTR é um documento emitido pelo transportador de resíduos que fornece informações sobre o gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos, bem como o seu destino, conforme especificações das normas brasileiras NBR 15.112/2004, NBR 15.113/2004 e NBR 15.114/2004, da ABNT.

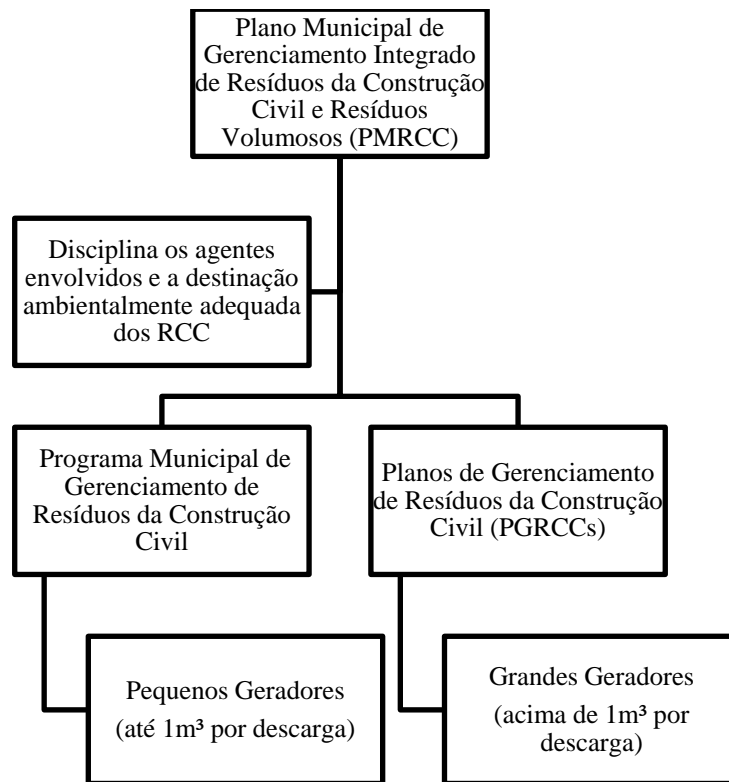


Figura 3.25: Ilustração esquemática dos instrumentos para implementação do Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (SGRCC)

Além disso, a Lei nº 10.522/12 define infrações e penalidades a todos os envolvidos no gerenciamento de RCC que descumprirem o especificado por ela.

Percebe-se que com as ações propostas na legislação do município de Belo Horizonte há uma maior formalização de todo o processo de gerenciamento de RCC aumentando o controle do município sobre o mesmo e minimizando as possibilidades de ações irregulares.

O município de Belo Horizonte possui também uma Deliberação Normativa do Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM) nº 72 de 11 de abril de 2012 (BELO HORIZONTE, 2012) que estabelece normas específicas para o licenciamento ambiental de estações de transbordo de resíduos, cuja definição é dada a seguir:

Estações de Transbordo de Resíduos são áreas destinadas ao recebimento de resíduos inertes para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Tal deliberação define que os empreendimentos que movimentam um volume de resíduos acima de 5.000m³/mês são classificados como de grande porte e seu licenciamento será realizado inicialmente pela apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Os empreendimentos que movimentam um volume de resíduos entre 2.000m³/mês e 5.000m³/mês são classificados como de médio porte e a primeira etapa do licenciamento será efetuada a partir da apresentação de Relatório de

Controle Ambiental (RCA) e Plano de Controle Ambiental (PCA). Por fim, os empreendimentos que movimentam um volume de resíduos até 2.000m³/mês são classificados como pequeno porte e seu licenciamento ocorre em etapa única mediante a apresentação.

Diante do exposto, pode-se afirmar que o município de Belo Horizonte possui um arcabouço legal que baliza o gerenciamento dos resíduos da construção civil, servindo como guia para que este se dê de maneira eficiente.

3.4.4 Normas técnicas

Em 2004, foram publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) as primeiras normas nacionais relacionadas aos RCC em consonância com a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2012). As normas e suas respectivas abordagens são:

- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15.112/2004.** Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta os requisitos necessários para projeto, implantação e operação de ATT, classificando os resíduos da construção civil em classe A, B, C e D; estabelece as condições de implantação quanto ao isolamento, identificação, equipamentos de segurança, sistemas de proteção ambiental e condições para pontos de entrega de pequenos volumes; determina as condições gerais para projeto e as condições de operação.
- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15.113/2004.** Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação: estabelece as condições de implantação fornecendo critérios para localização, acessos, isolamento e sinalização, iluminação e energia, comunicação, análise de resíduos, treinamento, proteção das águas subterrâneas e superficiais, as condições gerais para projeto e as condições de operação.
- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15.114/2004.** Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta as condições de implantação com os critérios para localização, isolamento e sinalização, acessos, iluminação e energia, proteção das superfícies, preparo da área de operação, as condições gerais para projeto e condições de operação.
- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15.115/2004.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos: estabelece critérios para a execução das camadas de pavimentação com agregados reciclados, apresentando os requisitos que os materiais e equipamentos devem obedecer para execução das camadas, assim como o seu controle tecnológico.
- **NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15.116/2004.** Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos: estabelece os requisitos para o emprego do agregado reciclado destinado à obra de pavimentação viária e obra que utilize o concreto sem função estrutural.

4 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa dividiu o estudo do sistema de gerenciamento integrado de RCC em quatro etapas, sendo a primeira referente à descrição dos indicadores básicos de Belo Horizonte, a segunda consistiu na estimativa da geração dos RCC a partir de uma análise quantitativa, a terceira uma análise da rede dos equipamentos públicos responsáveis pelo gerenciamento de RCC do município e, por último, uma avaliação de locais mais propensos para instalação de áreas de triagem e transbordo de RCC como instrumento facilitador da gestão de RCC. Vale ressaltar que cada etapa auxilia no desenvolvimento das etapas seguintes, dessa forma o estudo propõe uma análise abrangente em torno da compreensão acerca de um fenômeno complexo e dinâmico, a gestão dos RCC. A Figura 4.1 sistematiza as etapas do estudo.

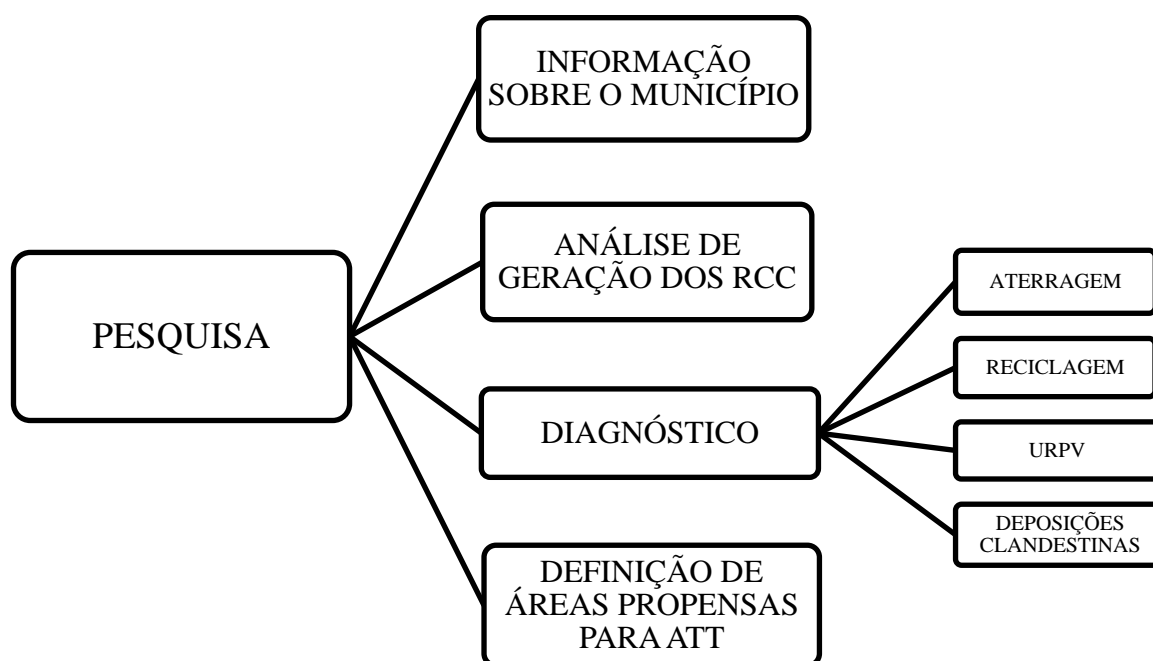


Figura 4.1: Desenho esquemático das etapas da pesquisa

4.1 Indicadores Básicos sobre o Município

A metodologia desenvolvida para avaliação dos indicadores básicos do município de Belo Horizonte envolveu diversos aspectos, como sociais, econômicos, ambientais. Tais indicadores são essenciais para fundamentar a análise da geração e evolução dos RCC, apresentando o contexto no qual se dá o gerenciamento de RCC e fornecendo subsídios para uma compreensão mais aprofundada do tema.

Para levantamento dos dados, foram considerados os quesitos principais sugeridos por Marques Neto (2003).

A obtenção dos indicadores básicos foi realizada por meio de levantamentos, processamento e análise dos elementos disponíveis, especialmente nos órgãos municipais responsáveis pelas informações necessárias e levantamento bibliográficos das produções técnicas, destacando a prefeitura municipal de Belo Horizonte e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Os resultados são apresentados em item específico e ao longo de todo o estudo.

4.2 Análise de Geração dos Resíduos da Construção Civil

Esta etapa foi fundamentada na metodologia desenvolvida por Pinto (1999). Segundo o autor a construção de indicadores sobre a produção de RCC pode ser realizada a partir de três bases de informação: das estimativas de área construída; da movimentação de cargas por coletores; do monitoramento de descargas nas áreas utilizadas como destino dos RCC. Esta última base de informação constitui um processo difícil, pela pulverização das descargas em pontos nos espaços urbanos e pela impossibilidade de acompanhamento físico das descargas em cada ponto, por longo período de tempo. Pinto (1999) sugere a obtenção da estimativa de geração de RCC a partir de bases de informações que fornecem duas importantes parcelas da atividade construtiva urbana: a) construção formal, a partir de registros de áreas licenciadas; b) execução informal de reformas e ampliações, obtidas a partir de entrevistas com agentes coletores de RCC.

Para a parcela da construção formal, os registros de áreas licenciadas foram obtidos pela Secretaria Municipal de Regulação Urbana (SMARU) da prefeitura de Belo Horizonte, por meio de informações detalhadas das áreas de baixa de construção para o período de 2001 a 2011. A área de baixa de construção é a área licenciada que recebeu baixa e habite-se, através de certidão de baixa, que certifica que a edificação está igual ao projeto aprovado. Este procedimento é necessário para que a edificação seja considerada regularizada. Considerou-se como premissa que a maior parte dos licenciamentos ocorre logo após a conclusão da obra, sendo as áreas consideradas, para cada ano, efetivamente realizadas no referido período.

A geração anual de resíduos na construção formal (C) foi estimada empregando-se a equação apresentada a seguir. Esta quantifica a massa de resíduo por ano, multiplicando-se a área construída anualmente por um índice de geração de RCC, por unidade de área (m² construído). Essa forma de cálculo é a usualmente empregada internacionalmente, conforme é discutido por Cochran *et al.* (2007), Solis-Guzman *et al.* (2009) e Angulo *et al.* (2011).

$$C = A_c \times \rho_c$$

em que:

C: resíduo na construção por ano (t RCC/ano);

A_C : área construída por mês (m² construído/mês);

ρ_C : índice de geração de resíduo na construção (e.g. 0,150 t RCC/m² construído, obtido por Pinto (1999)).

A obtenção de uma estimativa de geração de RCC para a parcela de reformas e ampliações apresentou algumas dificuldades devido à grande quantidade de empresas envolvidas no transporte deste tipo de resíduo em Belo Horizonte. A partir de uma visita técnica, foi realizada uma entrevista aberta com um representante da empresa de maior participação no mercado no transporte de RCC em Belo Horizonte e não houve interesse em revelar informações quantitativas da empresa. Dessa forma, a obtenção de informações a partir de entrevistas com agentes coletores de RCC foi descartada, sendo esse item de difícil obtenção por outros métodos.

No entanto, a prefeitura de Belo Horizonte apresenta um grande controle do recebimento de RCC nas suas áreas de descarte, sendo elas as estações de reciclagem, os aterros de inertes e as unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV). As informações das massas de RCC recebidas são publicadas anualmente pela empresa municipal responsável pela limpeza pública do município, a Superintendência de Limpeza Pública (SLU), nos Relatórios Anuais de Atividades da Limpeza Pública. Por conseguinte, a estimativa de geração de resíduos pelo monitoramento de descargas nas áreas utilizadas como destino dos RCC tornou-se viável. Foi considerado como o universo de análise o total de resíduos da construção civil recebido e/ou coletado pela Prefeitura.

Para a estimativa das gerações de RCC no município de Belo Horizonte, foram utilizados registros obtidos nos Relatórios Anuais de Atividades da Limpeza Pública publicados pela SLU dos anos de 2006 a 2011. As informações utilizadas foram a massa de RCC aterrados e destinados para reciclagem. Considerou-se que os RCC recebidos nas URPV e coletados nas deposições clandestinas por carregamento mecânico tem como destino a aterragem ou a reciclagem. A coleta de deposições clandestinas por carregamento mecânico são o conjunto de atividades concernentes à remoção e ao transporte de grandes quantidades de resíduos, de forma adequada, até o local de destinação final. Os resíduos dessa atividade são predominantemente compostos por entulho, terra, areia e outros acumulados em pontos específicos da cidade, sendo quase sempre provenientes de chuvas ou da deposição irregular. A remoção destes resíduos é realizada com máquinas pá-carregadeira e o transporte por caminhões basculas.

Vale destacar que foi obtida uma aproximação da massa de RCC total real gerada pelo município uma vez que existe a possibilidade de o resíduo gerado em Belo Horizonte ser disposto em áreas de botas fora ou em outros municípios, além da possibilidade da prefeitura não coletar todo o resíduo de deposições clandestinas. Além disso, sabe-se que a coleta de deposições irregulares realizada pela SLU não é somente de RCC, envolvendo alguns outros tipos de resíduos, no entanto não há registros dessa quantificação de forma estratificada por tipo de resíduos.

Foi realizada, então, uma comparação entre os resultados obtidos pela estimativa de geração de RCC pelas construções formais, a partir das áreas de baixa de construção, e pelo monitoramento das descargas nos destinos finais, a partir de registros da SLU obtidas por meio dos Relatórios Anuais de Limpeza Pública. Além disso, foi avaliada a evolução das gerações pelos dois indicadores no período de 2006 a 2011.

4.3 Avaliação da Rede de Gerenciamento de RCC no município

Para a avaliação da rede de gerenciamento de RCC no município de Belo Horizonte, analisou-se cada equipamento público envolvido no gerenciamento de RCC, sendo eles os aterros de inertes, as estações de reciclagem de entulho (ERE), as unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV) e, também, as deposições clandestinas.

Este estudo se deu a partir de análises de dados produzidos pela SLU, relativos ao desempenho das instalações nos últimos 13 anos.

Para trabalhar com os dados estatísticos produzidos pela SLU, foram consultadas publicações dos Relatórios de Atividades Anuais dos anos de 2001 a 2011. Somado a isso, outras referências foram obtidas a partir de levantamento bibliográfico de teses, dissertações e artigos que trataram dos RCC no município de Belo Horizonte. Destacam-se os trabalhos de Fiuza *et al.* (2007), que apresenta uma avaliação de 10 anos de experiência do município no Programa de Correção Ambiental e Reciclagem de RCC, e Simões (2011) que realizou uma análise acerca da rede de gerenciamento de pequenos volumes de RCC em Belo Horizonte e um panorama sobre o gerenciamento de RCC no município. Esta pesquisa retomou os estudos realizados de 1999 até 2006 por Simões (2011), de forma a ampliar sua avaliação até 2011.

Com o objetivo de elaborar uma avaliação sistêmica do gerenciamento de RCC em Belo Horizonte, as análises foram construídas a partir de dados que enfocaram:

- Massa de RCC recebida pela prefeitura em todas as suas instalações frente à massa total dos outros resíduos recebidos;

- Relação da massa de RCC recebida com o número de unidades residenciais lançadas no município;
- Participação da reciclagem de RCC frente aos total de RCC recebido;
- Análise espacial da evolução das massas recebidas nas Estações de Reciclagem em relação à expansão urbana do município, a partir de dados de áreas de baixa de construção;
- Coleta de resíduos nas URPV por regional administrativa;
- Percentual de RCC recebido nas URPV;
- Destino final dos resíduos coletados nas URPV, avaliando-se o reaproveitamento dos resíduos;
- Análise espacial do recebimento de resíduos pelas URPV e sua relação com aspectos de renda e favelas no município;
- Análise espacial do recebimento de resíduos pelas URPV e sua relação com as deposições irregulares por regional administrativa.

Os dados trabalhados foram dispostos em gráficos de maneira a facilitar a observação do comportamento do gerenciamento de RCC ao longo dos anos. Para as análises espaciais, utilizou-se o programa computacional ArcGis, sendo os resultados dispostos em forma de mapas.

Como complementação das informações obtidas nos relatórios e publicações técnicas, foram realizadas consultas com alguns agentes envolvidos no gerenciamento de RCC com o objetivo de esclarecer algumas dúvidas ou incoerências encontradas no desenvolvimento da pesquisa. Além disso, foram realizadas visitas técnicas em algumas áreas envolvidas com o gerenciamento dos RCC. A Figura 4.2 apresenta um mapa de localização das estações de reciclagem de entulho (ERE) e unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV).

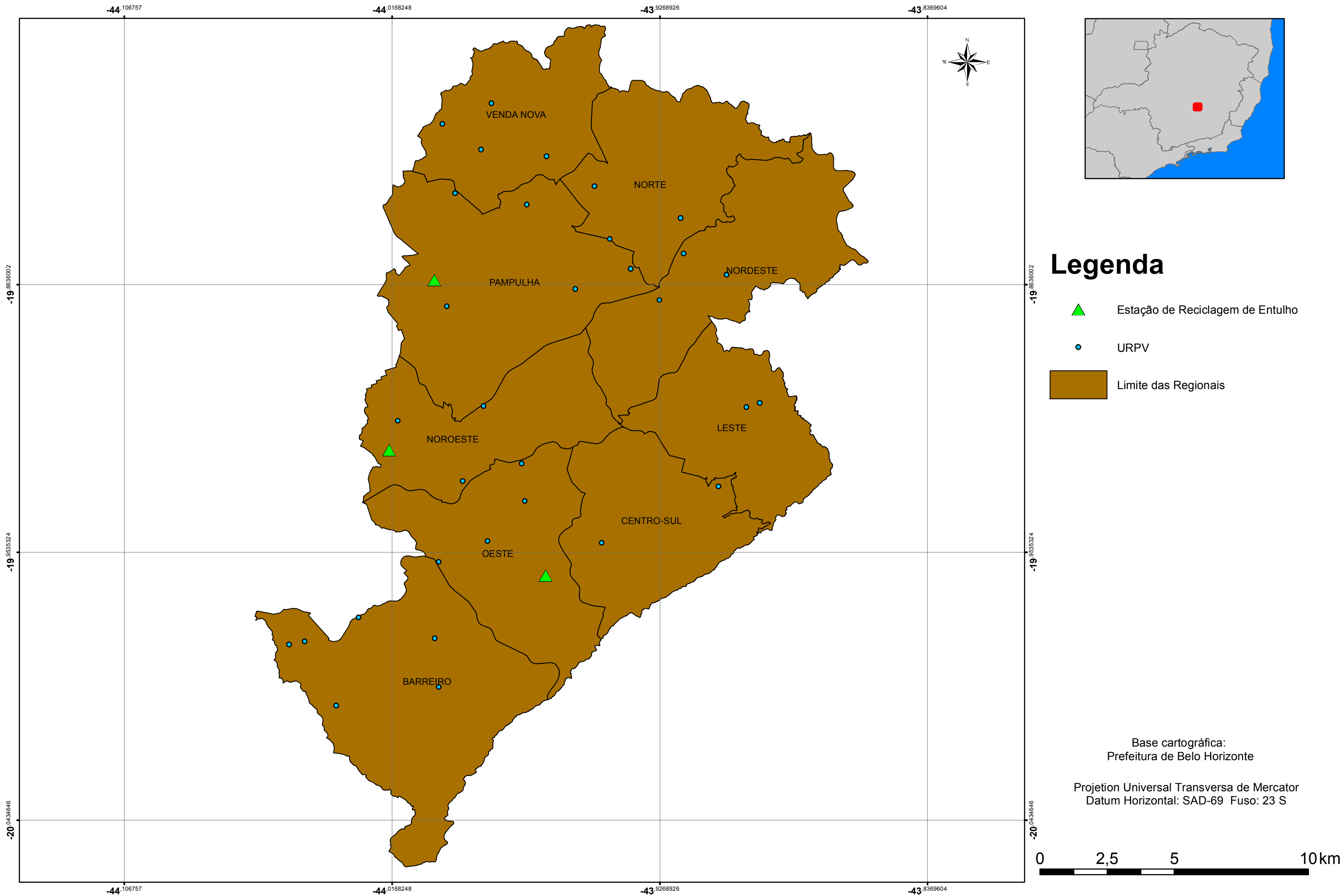


Figura 4.2: Mapa da localização dos equipamentos públicos envolvidos no gerenciamento de RCC no município de Belo Horizonte (ERE e URPV)

4.4 Definição de Áreas Propensas à implantação de Áreas de Triagem e Transbordo de RCC

A definição de áreas mais propensas para implantação de áreas de triagem e transbordo (ATT) consiste em uma proposta metodológica, com aplicação preliminar ao município de Belo Horizonte.

Tal etapa tem como intuito auxiliar o gerenciamento de RCC a partir da indicação de locais mais adequados para implantação de ATT, favorecendo a triagem dos RCC, aumentando a reciclagem dos mesmos e diminuindo os custos associados ao seu gerenciamento.

As áreas para implantação de ATT devem considerar a proximidade aos pontos de maior geração de RCC, de maneira a reduzir os custos com transporte de resíduos. As ATT exercem uma função nucleadora, propiciando uma diminuição dos custos com o transporte dos RCC a partir do aumento do volume transportado por cada caminhão o que ocorre em geral para distâncias maiores, ou seja, transporta-se os RCC dos geradores para as ATT em caminhões de pequenos porte e das ATT para as áreas de destinação final (Aterros de Resíduos Classe A, Estações de Reciclagem de RCC, associações de reciclagem – papel, plástico, metal, madeira) o transporte é realizado por caminhões de maior capacidade. Além disso, o aumento de áreas para destino final de RCC mais próximas aos pontos de geração implica também na redução dos problemas ambientais a partir da diminuição dos pontos de deposições irregulares. Complementando as considerações anteriores, a partir das ATT há um incentivo à efetivação da triagem dos materiais reutilizáveis e recicláveis para seu beneficiamento.

A utilidade da implantação destas áreas pode estar associada à prefeitura, que terá uma diminuição dos custos totais relacionados à gestão dos RCC, sendo os custos tangíveis como a coleta de deposições irregulares e intangíveis como a redução de impactos ambientais, ou às empresas transportadoras de RCC, que diminuiriam o custo com o transporte de resíduos.

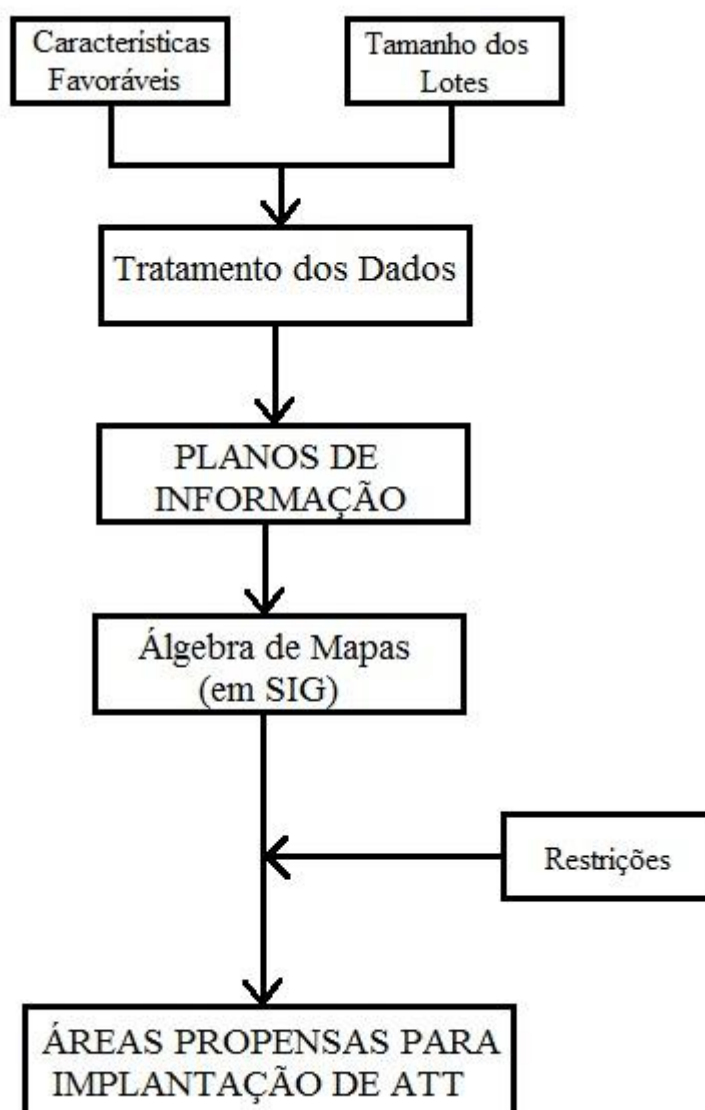
Para definir a localização para instalação da Área de Triagem e Transbordo de RCC foi necessário considerar vários fatores. De uma forma geral, a adoção de todas as variáveis e premissas deste estudo foram embasadas nas considerações realizadas por Pinto e González (2005), os quais destacam que a definição da localização de áreas para manejo de grandes volumes de RCC deve ser precedida da análise dos seguintes itens:

- Regulamentação do uso do solo no município;
- Localização das regiões com maior concentração de geradores de grandes volumes de resíduos (áreas residenciais ou comerciais com população de maior renda e/ou que estejam em processo de implantação ou expansão);

- Existências de eixos viários, para agilizar o deslocamento de veículos de carga de maior porte.

Dessa forma, foram avaliadas as regiões com tendências de maior geração de RCC, a acessibilidade e as condições do uso do solo do município de Belo Horizonte, a partir de dados de renda, classificação viária e zoneamento, respectivamente. Além disso, foi introduzida a variável de disponibilidade de lotes de maneira facilitar e diminuir os custos de implantação da ATT.

O estudo foi realizado utilizando a ferramenta *ArcGis*. A metodologia utilizada para a definição de locais mais propensos para instalação de ATT é resumida na Figura 4.3.



Fonte: Autor.

Figura 4.3: Fluxograma da metodologia de definição de locais de maior propensão para implantação de ATT

Com o intuito de facilitar os procedimentos matemáticos e operações com as unidades espaciais utilizadas, foram atribuídos pesos para cada variável analisada. A atribuição de pesos é necessária uma vez que nem sempre os valores de diferentes planos de informação são comparáveis entre si, dessa forma ela permite a comparação entre os diferentes planos utilizados na análise. A atribuição dos pesos variou de acordo com a contribuição de cada variável para a implantação da ATT. Por exemplo, em relação à classificação viária, quanto mais próximo de uma via mais estruturada melhor será a acessibilidade, ou seja, maior a propensão de instalação da ATT e maior será o peso atribuído. Tais considerações serão melhor detalhadas a seguir. Não foi considerado peso relativo às variáveis a partir da consideração que todas as variáveis analisadas são igualmente relevantes para o estudo.

A partir da atribuição dos pesos para cada variável trabalhada, são gerados planos de informação classificados e pode-se proceder com a álgebra de mapas a partir de ferramentas de geoprocessamento. Esta técnica, em princípio, se assemelha à consagrada forma de análise utilizando a sobreposição de mapas em formatos translúcidos.

Além disso, foram avaliadas as condições restritivas apresentadas pelas variáveis analisadas para implantação da uma área de triagem e transbordo que eliminam áreas que, devido a impossibilidades técnicas ou legais, não podem ser utilizadas para ATT.

Destaca-se que tal metodologia não tem como objetivo realizar uma análise minuciosa de todos os parâmetros envolvidos com a localização de ATT, mas sim indicar de maneira ampla e expedita áreas de maior propensão. Ressalta-se que as informações utilizadas para o município estudado são disponíveis também para outros grandes centros urbanos permitindo, dessa forma, a aplicação da metodologia para outros municípios. Vale destacar que esta metodologia não se trata de um estudo logístico e não avalia o percurso dos transportadores. A Tabela 4.1 apresenta de forma resumida a base de dados utilizada e uma abordagem detalhada de cada variável é apresentada a seguir.

Tabela 4.1: Base de dados utilizada

Dados	Fonte
Renda	IBGE, Censo/2010
Lotes Vagos	Prefeitura de Belo Horizonte, PRODABEL
Zoneamento do Solo Urbano	Prefeitura de Belo Horizonte, SMAPU
Vias com tabela associada: classificação em arteriais, locais e de ligação regional.	Prefeitura de Belo Horizonte, SMAPU

Fonte: Autor.

Devido à dificuldade em obter os pontos de geração de RCC ao longo do município e seus respectivos volumes gerados de maneira direta, foram selecionados indicadores que pudessem indicar indiretamente regiões no município com maior propensão de geração de RCC, conforme abordado por Pinto e Gonzáles (2005). A variável adotada foi o total do rendimento nominal mensal dos domicílios, considerando a partir de estudos realizados que os serviços de transporte de RCC são utilizados onde há uma maior concentração de renda e levando em consideração a premissa que maiores volumes de resíduos da construção civil são gerados onde há maior concentração de renda. Para tanto, foram utilizados dados georreferenciados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) da base de informações do Censo Demográfico 2010. A unidade territorial trabalhada foi o setor censitário. Por definição, o rendimento nominal mensal domiciliar considera a soma dos rendimentos mensais dos moradores da unidade domiciliar, exclusive dos moradores de menos de 10 anos de idade e daqueles cuja condição na unidade domiciliar seja pensionista, empregado doméstico ou parente do empregado doméstico.

A análise da variável renda foi realizada em cinco faixas. A cada faixa foram atribuídos pesos de um a cinco de acordo com a consideração já citada de que a utilização de transportadores de RCC ocorrem onde há maior renda e a premissa adotada que maiores volumes de resíduos da construção civil são gerados onde há maior concentração de renda. Ou seja, o peso atribuído variou de cinco, para faixas dos maiores valores de renda, a peso um, para as faixas de menores valores de renda. A Tabela 4.2 apresenta as faixas de renda com seu respectivo peso atribuído.

Tabela 4.2: Classificação do Total do Rendimento Nominal Mensal dos Domicílios Particulares

Faixas de Renda (reais)	Peso
0 a 44.244	1
44.244 a 1.027.459	2
1.027.459 a 1.980.881	3
1.980.881 a 3.710.452	4
3.710.452 a 14.508.096	5

Fonte: Autor.

Em seguida, considerou-se o zoneamento de Belo Horizonte conforme a LPOUS (Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo – Lei 7.166/96 e alterações até a Lei 9.959/10). Os

dados georreferenciados foram fornecidos pela Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano (SMAPU).

Conforme já abordado no Capítulo 3, as áreas de triagem e transbordo de RCC são unidades consideradas de baixo potencial poluidor de acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº155, 25 de agosto de 2010 e, dessa forma, apresenta poucas restrições a serem consideradas em relação ao seu local de instalação. A principal condição para avaliar seu impacto ambiental é o porte do empreendimento, isto é, a sua capacidade de recebimento de resíduos. A legislação municipal que define o porte em relação à capacidade de recebimento é a Deliberação Normativa nº 72, de 11 de abril de 2012. Esta classificação é apresentada pela Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Classificação do porte de estação de transbordo de RCC

Capacidade de Recebimento	Porte do Empreendimento
Capacidade de Recebimento \leq 2000 m ³ /mês	Pequeno
2000 m ³ /mês < Capacidade de Recebimento < 5000 m ³ /mês	Médio
Capacidade de recebimento \geq 5000 m ³ /mês	Grande

Fonte: Autor.

Para cada tipo de zoneamento foi atribuído um peso de zero a cinco. Sendo o valor zero atribuído a locais não disponíveis a implantação de ATT e o valor cinco atribuído a locais mais adequados para a instalação de ATT.

O zoneamento atual de Belo Horizonte é dividido nas seguintes categorias, conforme a conforme a LPOUS:

- Zona de Preservação Ambiental – ZPAM. Regiões que, por suas características e pela tipicidade da vegetação, destinam-se à preservação e à recuperação de ecossistemas. É vedada a ocupação do solo nas ZPAMs, exceto por edificações destinadas exclusivamente ao seu serviço de apoio e manutenção;
- Zona de Proteção – ZP. Regiões sujeitas a critérios urbanísticos especiais, que determinam a ocupação com baixa densidade e maior taxa de permeabilidade, tendo em vista o interesse público na proteção ambiental e na preservação do patrimônio histórico, cultural, arqueológico ou paisagístico. Se subdividem em ZP-1, ZP-2 e ZP-3;
- Zona de Adensamento Restrito – ZAR. Regiões em que a ocupação é desestimulada, em razão de ausência ou deficiência de infraestrutura de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário, de precariedade ou saturação da articulação viária interna ou externa ou de adversidade das condições topográficas. Se subdividem em ZARs-1 e ZARs-2;
- Zona de Adensamento Preferencial – ZAP. Regiões passíveis de adensamento, em decorrência de condições favoráveis de infraestrutura e de topografia;

- Zona Central – ZC. Regiões configuradas como centros de polarização regional, municipal ou metropolitana. Se subdividem em ZHIP - Zona Hipercentral, ZCBH - Zona Central de Belo Horizonte, ZCBA - Zona Central do Barreiro, ZCVN - Zona Central de Venda Nova;
- Zona Adensada – ZA. Regiões nas quais o adensamento deve ser contido, por apresentarem alta densidade demográfica e intensa utilização da infraestrutura urbana, de que resultam, sobretudo, problemas de fluidez do tráfego, principalmente nos corredores viários;
- Zona de Especial Interesse Social – ZEIS. Regiões edificadas, em que o Executivo tenha implantado conjuntos habitacionais de interesse social ou que tenham sido ocupadas de forma espontânea, nas quais há interesse público em ordenar a ocupação, por meio de programas habitacionais de urbanização e regularização fundiária, urbanística e jurídica. São divididas em ZEISs-1 e ZEISs-3;
- Zona de Grandes Equipamentos – ZE. Regiões ocupadas ou destinadas a usos de especial relevância na estrutura urbana, nas quais é vedado o uso residencial.

De acordo com a descrição apresentada, percebe-se que há uma restrição de instalação de ATT em relação às ZPAM. Dessa forma, estas regiões foram retiradas da avaliação. A Tabela 4.4 apresenta os pesos considerados para cada zoneamento de acordo com as suas definições.

Tabela 4.4: Zoneamento e os pesos atribuídos

Zoneamento	Peso
ZPAM	0
ZA e ZAR	1
ZP	2
ZC	3
ZAP e ZEIS	4
ZE	5

Fonte: Autor.

Na sequência, considerou-se o acesso viário como mais uma variável a ser incluída na avaliação de locais de implantação de ATT. Os dados georreferenciados foram fornecidos pela Secretaria Municipal Adjunta de Planejamento Urbano (SMAPU), a qual forneceu a classificação viária conforme a hierarquia especificada na Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo (LPOUS) e alterações.

O acesso às áreas de triagem e transbordo é uma importante variável a ser considerada, uma vez que estas áreas promovem um grande fluxo de veículos para recebimento e destinação dos resíduos. Para a definição das condições a serem analisadas consultou-se LPOUS (Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo – Lei 7.166/96 e alterações até a Lei 9.959/10).

A LPOUS classifica e define a natureza das vias públicas como:

- Ligação regional: via - ou trecho - com função de fazer a ligação com municípios vizinhos, com acesso às vias lindeiras devidamente sinalizado;
- Arterial: via - ou trecho - com significativo volume de tráfego, utilizada nos deslocamentos urbanos de maior distância, com acesso às vias lindeiras devidamente sinalizado;
- Coletora: via - ou trecho - com função de permitir a circulação de veículos entre as vias arteriais ou de ligação regional e as vias locais;
- Local: via - ou trecho - de baixo volume de tráfego, com função de possibilitar o acesso direto às edificações;
- Mista: via - ou trecho - destinada à circulação de pedestres e ao lazer, de baixo volume de circulação de veículos, na qual a entrada de veículos de carga aconteça apenas eventualmente;
- Pedestres: a via destinada à circulação de pedestres e, eventualmente, de bicicletas;
- Ciclovia: via ou pista lateral fisicamente separada de outras vias, destinada exclusivamente ao trânsito de bicicletas.

A localização de usos não residenciais é disciplinada pela conjugação da localização dos usos com a classificação de cada atividade (previstas nos Anexos X e XI da LPOUS), com a natureza da via pública e a largura da via.

Tal legislação não define as condições para áreas de triagem e transbordo, dessa forma foram adotadas as condições estabelecidas para aterros sanitários, já que este promove um grande fluxo de veículos, comparável a uma ATT. A LPOUS classifica os aterros sanitários como grupo III. A definição da localização dos usos classificados no grupo III de acordo com os parâmetros das vias são apresentados pela Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Localização do uso para o Grupo III, definido pelo Anexo XI da LPOUS

Classificação das Vias	Largura das Vias (em metros)	Grupo III (uso não residencial)
Ligação Regional	<10	NA
	> ou = 10 e <15	AC
	> Ou = 15	AC
Arterial	<10	NA
	> ou = 10 e <15	AC
	> Ou = 15	AC
Coletora	<10	NA
	> ou = 10 e <15	AC
	> Ou = 15	AC
Local	<10	NA
	> ou = 10 e <15	NA
	> Ou = 15	NA

A= Admitido AC= Admitido sob condições NA= Não Admitido
 Fonte: LPOUS.

Dessa forma, foram adotadas para a análise as vias classificadas como ligação regional e arterial com larguras entre 10 e 15 metros e acima de 15 metros. Não foram incluídas na análise as vias coletoras, pois limitava a análise de acordo com as áreas de influência pelo grande número de vias pertencentes a esta classificação.

Utilizou-se a análise por áreas de influência, ou seja, foram definidas distâncias em relação às vias adotadas para análise, considerando que quanto maior a distância das vias pior será o acesso às ATT, diminuindo a propensão para instalação das mesmas em áreas distantes de vias estruturadas. Dessa forma, maiores pesos foram atribuídos as menores distâncias das vias, conforme apresentado pela Tabela 4.6.

Além dos fatores já abordados, foi considerada a disponibilidade de lotes. Dessa forma, a base de dados georreferenciados dos lotes vagos do município de Belo Horizonte foi fornecida pela PRODABEL. A variável trabalhada foi as áreas dos lotes vagos. As áreas dos lotes vagos foram divididos em quatro faixas. Para cada faixa foram atribuídos pesos de zero a três, sendo o maior valor atribuído para áreas capazes de receber maior volume de resíduos até o peso zero

(menor valor) para áreas muito pequenas, incapazes de comportar uma ATT. As faixas de áreas dos lotes vagos e seus respectivos pesos são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.6: Áreas de Influência das vias e seus respectivos pesos

Áreas de Influência (metros)	Peso
0 a 100	5
100 a 200	4
200 a 300	3
300 a 400	2
400 a 500	1
Acima de 500	0

Fonte: Autor.

Tabela 4.7: Faixas de área de lotes vagos do município de Belo Horizonte e seus respectivos pesos

Faixas de área de lotes vagos (m ²)	Peso
0 a 1100	0
1100 a 1400	1
1400 a 2300	2
2300 a 4800	3

Fonte: Autor.

Os valores de áreas definidos foram considerados em função da capacidade de recebimento das ATT, conforme definido por Pinto e González (2005), apresentado na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Área demandada de acordo com a capacidade de recebimento das ATT

Capacidade de Recebimento (m ³ /dia)	Área Demandada (m ²)
70	1100
135	1400
270	2300

Fonte: PINTO e GONZÁLEZ, 2005.

Vale ressaltar que a camada corresponde aos lotes vagos, não significa que eles sejam de propriedade pública. Porém, pelo fato de não serem edificadas, acredita-se que a aquisição, ou mesmo aluguel, destes lotes seja mais fácil e menos dispendiosa se comparada à seleção de áreas de ocupação já estabelecida.

Por fim, todas as variáveis foram combinadas resultando em áreas propensas para implantação de ATT de acordo com os critérios adotados e os pesos estabelecidos. As regiões de maior propensão foram as que resultaram em um maior peso final. Para as melhores áreas resultantes foram apresentadas sua localização no *Google Earth*.

As estações de reciclagem e a área de triagem e transbordo particular existentes em Belo Horizonte foram avaliadas em relação às áreas propensas estabelecidas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos com a aplicação das metodologias apresentadas no Capítulo 4, assim como são discutidos os aspectos positivos e fragilidades das metodologias utilizadas.

5.1 Indicadores Básicos sobre o município

Fundado em 1897, o município de Belo Horizonte está situado na região sudeste do Brasil, no centro-sul do Estado de Minas Gerais sendo a capital do estado. A sede municipal localiza-se a 852,19 metros de altitude, podendo atingir 1.395 metros, no topo da Serra do Curral. Possuindo uma área territorial de 331,4 km², o referido município possui como bioma o cerrado e a mata atlântica (IBGE, 2010). A Figura 5.1 apresenta o município e suas respectivas regionais administrativa.



Figura 5.1: Mapa do município de Belo Horizonte e as delimitações de suas regionais administrativas.

Em relação às tendências sócio-demográficas de Belo Horizonte, a partir de dados dos Censos Demográficos de 1950 a 2010, apresentados na Figura 5.2, percebe-se o crescimento populacional contínuo do município, apresentando apenas uma variação nas taxas de

crescimento populacional ao longo dos anos. Dessa forma, é possível inferir que houve um aumento da densidade populacional no período apresentado.

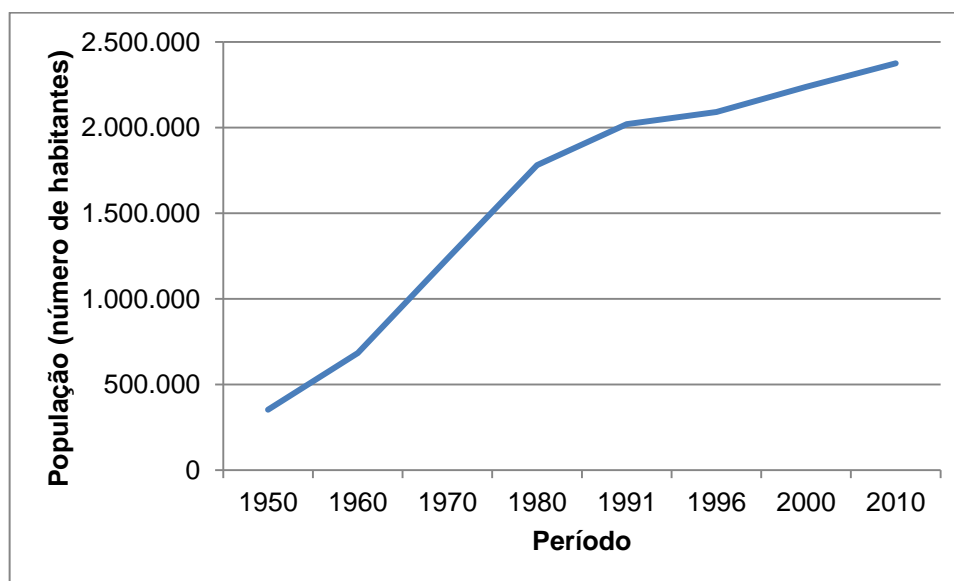


Figura 5.2: População, em valores absolutos, de Belo Horizonte para o período de 1950 a 2010.

Fonte: Autor. Dados: IBGE - Censos demográficos de 1950 a 2010

De maneira a verificar como este crescimento se apresenta internamente no município, foi avaliado o comportamento populacional por regional administrativa. A Figura 5.3 apresenta as taxas de crescimento anual para o período de 1991-2000 e de 2000-2010 nas regionais administrativas (RA) do município e para Belo Horizonte.

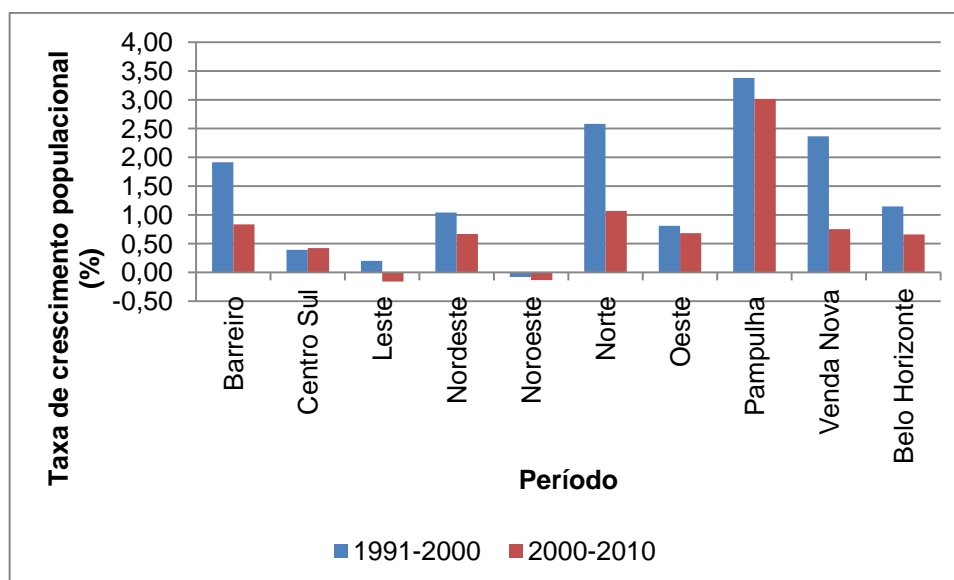


Figura 5.3: Taxa de crescimento demográfico (%) de Belo Horizonte para o período de 1991 a 2010.

Fonte: Autor. Dados: IBGE - Censos demográficos de 1991, 2000 e 2010

Observa-se uma taxa de crescimento acima da taxa do município nas RA do Barreiro, Norte, Pampulha e Venda Nova para o período 1991-2000. Adicionalmente, considerando o período

de 2000-2010, a RA que se destacou em relação ao crescimento de Belo Horizonte foi a Pampulha.

Em relação à limpeza urbana no município de Belo Horizonte, esta compreende os serviços públicos de coleta de resíduos sólidos (domiciliares e especiais), varrição e capina, o tratamento e a disposição final dos mesmos (PBH,2008).

A Tabela 5.1 mostra os valores das taxas de coleta de resíduos sólidos domiciliares por regional administrativa para os dois censos analisados.

Tabela 5.1: Taxa de coleta (%) de resíduos domiciliares por regional administrativa e para município de Belo Horizonte.

Regional Administrativa	1991	2000	Taxa de Crescimento (%)
Barreiro	82,7	96,5	16,7%
Centro-Sul	89,7	93,3	4,1%
Leste	86,0	96,6	12,3%
Nordeste	77,8	97,3	25,1%
Noroeste	86,2	97,2	12,7%
Norte	74,2	97,4	31,2%
Oeste	80,0	97,1	21,4%
Pampulha	80,8	94,8	17,3%
Venda Nova	69,7	99,0	42,0%
Belo Horizonte	81,9	96,6	18,0%

Fonte: Autor. Dados: IBGE - Censos demográficos de 1991 e 2000

Observa-se um grande desenvolvimento em relação ao atendimento de coleta de resíduos domiciliares em todas as regionais administrativas, destacando-se a RA Nordeste, Norte, Oeste e Venda Nova. O menor crescimento apresentado foi a regional Centro-Sul, uma vez que esta regional já apresentava uma boa cobertura do serviço de limpeza pública em 1999.

5.2 Análise da Geração dos Resíduos da Construção Civil

As estimativas da geração de RCC a partir das atividades construtivas licenciadas são apresentadas na Tabela 5.2. São expostos dados referentes às áreas de baixa de construção para o período de 2001 a 2011, a taxa de geração de resíduos adotada e as prováveis gerações de RCC anuais e diárias.

Tabela 5.2: Estimativa da geração de RCC por novas edificações formais

Informação	Anos										
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Área de baixa de construção (1000 m ²)	1.326	1.331	1.157	1.061	995	1.602	1.535	1.533	1.598	1.915	2.148
Taxa de geração de resíduos (kg/m ²)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Provável geração de resíduos em edificações formais (1000t/ano)	199	200	173	159	149	240	230	230	240	287	322
Provável geração de resíduos em edificações formais (t/dia) ⁽¹⁾	753	756	657	603	565	910	872	871	908	1088	1221

⁽¹⁾ Considerados 22 dias/mês (equivalente ao período de atividade dos coletores)

As gerações de RCC em construções formais obtidas para o período de 2001 a 2011 foram de 565 a 1221 toneladas por dia, resultando em uma média de geração de 837 toneladas por dia.

A Tabela 5.3 apresenta os dados obtidos dos Relatórios de Atividade de Limpeza Urbana envolvendo a massa de resíduos destinados para aterragem, recebidos nas Estações de Reciclagem de Entulhos (ERE), os totais anuais e diários de RCC recebidos pela prefeitura para o período de 2006 a 2011.

Tabela 5.3: Estimativa da geração de RCC pelo monitoramento de descargas nas áreas de destino de RCC

Informação	Anos					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
RCC Aterrados (t/ano) ⁽¹⁾	400.354	664.332	777.633	883.556	296.253	310.016
RCC recebido - ERE CTRS BR040 (t/ano)	6.103	21.317	43.174	29.734	49.861	38.618
RCC recebido - ERE Estoril (t/ano)	27.250	29.103	33.033	23.465	27.044	17.539
RCC recebido - ERE Pampulha (t/ano)	30.246	40.958	56.725	51.655	59.519	45.957
Total de RCC recebido pela prefeitura (t/ano)	463.953	755.710	910.565	988.410	432.678	412.130
Total de RCC recebido pela prefeitura (t/dia) ⁽²⁾	1.757	2.863	3.449	3.744	1.639	1.561

⁽¹⁾ Inclui terra

⁽²⁾ Considerados 22 dias/mês (equivalente ao período de atividade da prefeitura)

Fonte: SLU

Os dados finais da Tabela 5.3 apresentam um total de RCC recebido pela prefeitura, com o menor valor ocorrendo em 2011 com uma recepção de 1.561 toneladas por dia nas instalações

da prefeitura. A maior geração foi de 3.744 toneladas por dia, em 2009. Para o período de 2006 a 2011, o valor médio de recepção de RCC pela prefeitura foi 2.502 toneladas por dia.

Sabe-se que nem todo o resíduo recebido das estações de reciclagem são efetivamente reciclados, sendo contabilizados duas vezes nesta análise quantitativa. No entanto, a prefeitura só recebe nas suas ERE resíduos com no máximo 10% de contaminação, avaliada a partir de uma análise visual. Ou seja, a maior parte do que é recebido é reciclado. Dessa forma, o erro associado a este fato pode ser considerado pequeno.

A Figura 5.4 apresenta a evolução da geração de RCC pelo monitoramento das descargas nas áreas de destino de RCC da prefeitura e para novas edificações formais. É possível perceber uma tendência de crescimento da geração de RCC por construções formais devido ao aumento da baixa de área de construção, promovidas pelo aquecimento do mercado imobiliário na capital durante o período analisado. De uma maneira geral, as construções formais são realizadas por construtoras que geram elevados volumes de RCC. Dessa forma, é possível identificar que ações de capacitação para diminuição de perdas e gestão de resíduos nas obras poderá resultar em ganhos para o gerenciamento de RCC no município, resultando na diminuição dos resíduos gerados, ainda que haja um crescimento da atividade. Para o período de 2009 a 2011, nota-se uma diminuição na geração de RCC que ocorre de forma mais acentuada de 2009 para 2010, que pode ser explicado pela diminuição de atividades informais, uma vez que a geração de RCC proveniente de construções formais aumenta nesse período.

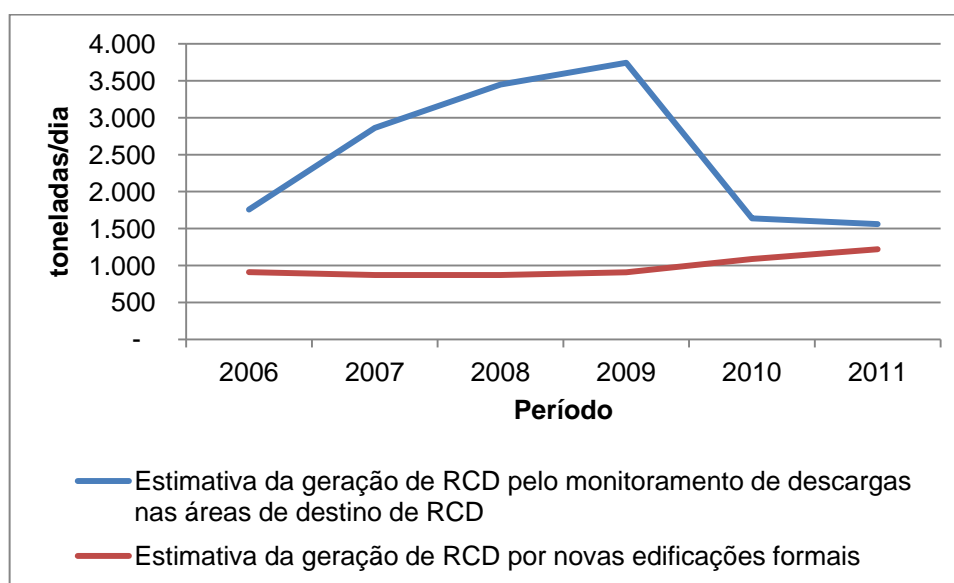


Figura 5.4: Evolução da geração de RCC pelo monitoramento das descargas nas áreas de destino de RCC da prefeitura e por novas edificações formais

A Tabela 5.4 apresenta os valores de geração de RCC obtidos pelos dois métodos abordados, das construções formais e do monitoramento de descarga das áreas de destino de RCC.

Tabela 5.4: Geração de RCC das construções formais e do monitoramento de descarga das áreas de destino de RCC

Informação	Anos					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Construção formal (t/dia)	910	872	871	908	1.088	1.221
Monitoramento de descargas em áreas de destino de RCC da prefeitura (t/dia)	1.757	2.863	3.449	3.744	1.639	1.561
Participação da construção formal frente ao total de RCC recebido pela PBH (%)	52%	30%	25%	24%	66%	78%

A partir dos valores relacionados na Tabela 5.4, percebe-se que a construção formal teve participação pouco expressiva frente ao total de RCC recebidos pela prefeitura chegando a representar somente 24% em 2009. No entanto, é possível notar que nos últimos anos, em 2010 e 2011, esses valores aumentaram. Tal aumento pode estar relacionado com um maior controle da prefeitura sobre o licenciamento das construções, ou seja, uma formalização da atividade.

Torna-se evidente a grande contribuição que as atividades construtivas informais possuem na geração de RCC e a necessidade de um maior controle sobre as atividades de construção.

5.3 Avaliação da Rede de Gerenciamento de RCC no município

O presente item contempla o estudo das áreas públicas de descarte de RCC e volumosos no período de 1999 a 2011, o qual visou estabelecer um estudo detalhado da evolução destas áreas no município de Belo Horizonte e sua avaliação espacial.

Os equipamentos públicos que compõem o sistema de gerenciamento de resíduos da construção e demolição do município de Belo Horizonte são: três estações de reciclagem de entulho (ERE), um aterro de recebimento de inertes e trinta e duas unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV).

As ERE e os aterros atendem os grandes geradores que, por meio das empresas transportadoras de RCC, descarregam seus resíduos normalmente acondicionados em caçambas. As URPV formam a rede de equipamentos públicos para atender aos pequenos geradores, com geração máxima diária de 1m³ de resíduos, e com o objetivo de minimizar as deposições clandestinas. A Figura 5.5 apresenta o fluxo dos resíduos da construção civil a partir da estrutura de gerenciamento de resíduos existente no município.

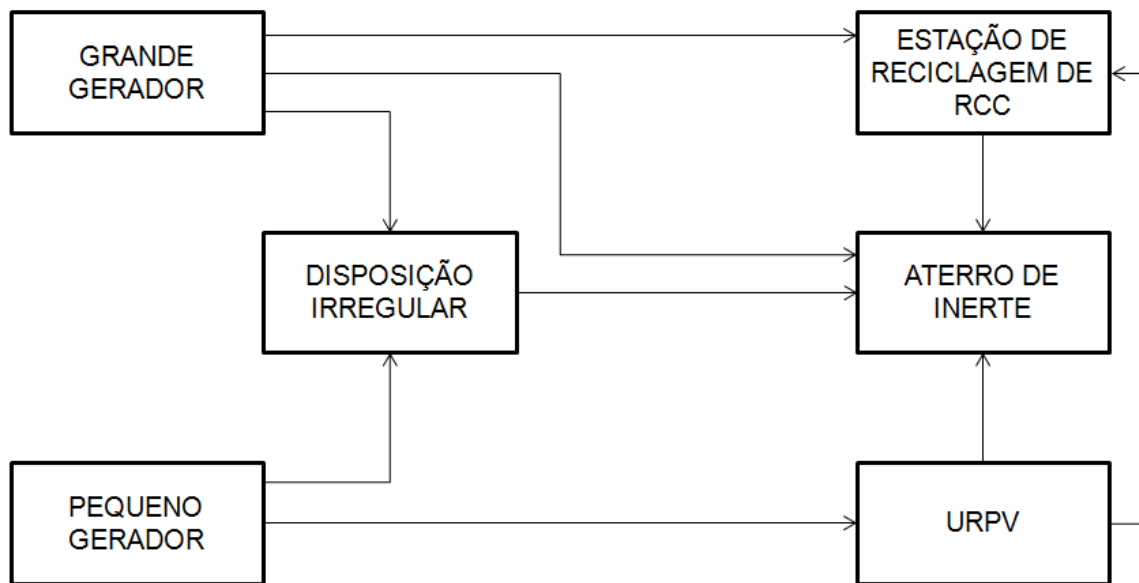


Figura 5.5: Fluxograma do gerenciamento de resíduos do município de Belo Horizonte. Em razão dos grandes volumes gerados e dos altos custos que o município possui com a disposição irregular dos RCC, a SLU implantou o Programa de Correção das Deposições Clandestinas e Reciclagem do Entulho, que se iniciou em 1993 e passa por adaptações até os dias de hoje. O programa surgiu com o objetivo de retificar os problemas ambientais decorrentes de disposições irregulares de RCC. No entanto, percebe-se que é necessária uma avaliação completa do desempenho da rede de gerenciamento de RCC no sentido de direcionar os esforços para que haja uma melhoria contínua na gestão dos mesmos.

Inicialmente, foi avaliada a participação dos RCC nos resíduos totais recebidos pela prefeitura de Belo Horizonte e sua evolução, buscando compreender se a massa de RCC gerada é relevante em relação ao total de resíduos sólidos recebidos. A Figura 5.6 apresenta a série histórica para o período de 1999 a 2011, complementando o estudo realizado por Simões (2011).

Os dados apresentados demonstram a grande contribuição que os RCC possuem em relação ao total de resíduos sólidos recebidos pela prefeitura, com contribuições variando de 25% a 52% para o período de 1999 a 2011. Observa-se alguns anos marcados pela diminuição da participação de RCC frente ao total de resíduos recebidos pela prefeitura, notadamente os anos 2005, 2010 e 2011. A Figura 5.7 apresenta os lançamentos de novas unidades residenciais para período analisado. Os anos 2005, 2010 e 2011 apresentaram uma diminuição do número de novas unidades residenciais lançadas, demonstrando um desaquecimento do mercado imobiliário para o mesmo período em que houve uma diminuição da geração de RCC. De forma geral, percebe-se um alto número de novas unidades residenciais lançadas

marcada por períodos crescentes (2006-2009) que demonstra o processo de expansão urbana que vem ocorrendo e justifica a alta geração de resíduos da construção civil. Dessa forma, pode-se perceber a intensa contribuição dos RCC no município de Belo Horizonte, destacando a importância de um eficiente sistema de gerenciamento de resíduos, de maneira diferenciada para os resíduos da construção civil.

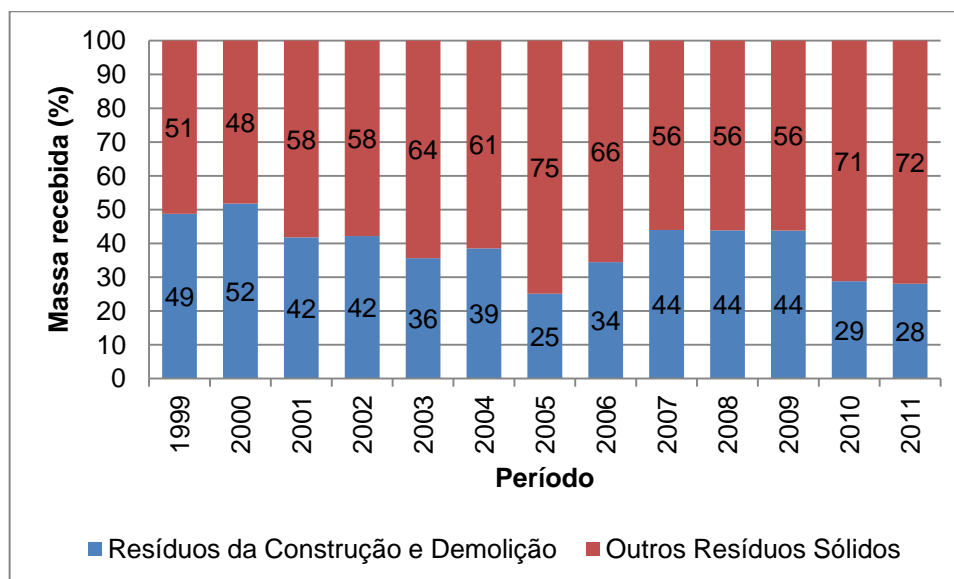


Figura 5.6: Participação (%) da massa dos resíduos da construção e demolição frente ao total de resíduos sólidos recebidos pela prefeitura de Belo Horizonte – 1999 a 2011

Fonte: BELO HORIZONTE, 1999 - 2011.

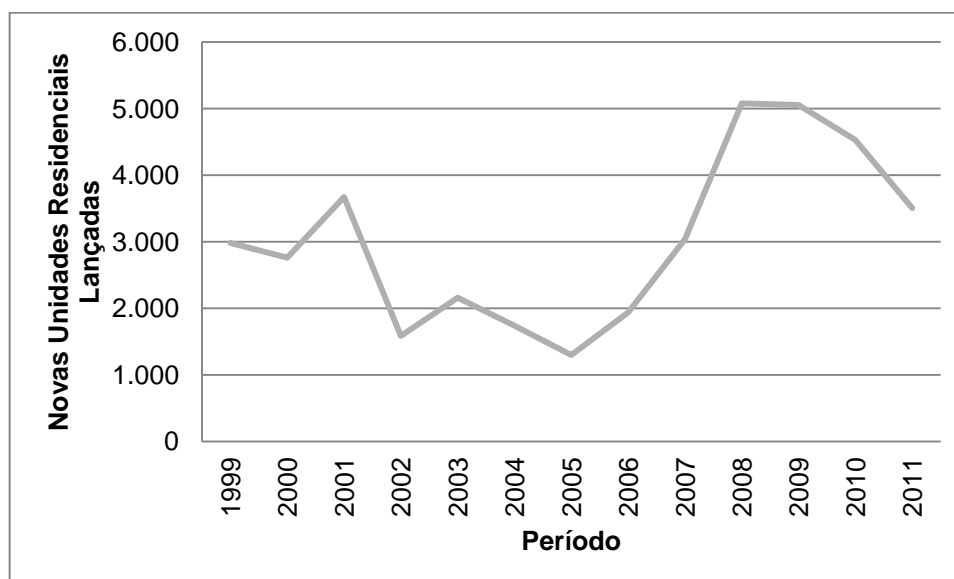


Figura 5.7: Número de novas unidades residenciais lançadas no município de Belo Horizonte para o período de 1999 a 2011

Fonte: IPEAD-UFMG e SINDUSCON-MG. Banco de Dados-CBIC.

Em relação às Estações de Reciclagem de Entulho (ERE), a primeira foi instalada no bairro Estoril e sua operação iniciou em 1995. Em seguida, em 1996, foi inaugurada na regional da Pampulha, a segunda ERE da capital. Por fim, foi instalada a terceira estação, em meados de

2006, conhecida como ERE BR040. A Figura 5.8 apresenta a ERE BR040 e suas pilhas de produtos.



Figura 5.8: Estação de Reciclagem de Entulho (ERE) da BR040

Fonte: Autor.

A Figura 5.9 apresenta a participação da reciclagem de RCC em relação ao total de RCC recebidos pela prefeitura para o período de 1999 a 2011.

Sabe-se do alto potencial de reciclagem dos RCC e é possível perceber que apesar de haver uma estrutura de três usinas de reciclagem em Belo Horizonte, há ainda uma baixa taxa de reciclagem dos mesmos. Os valores apresentados para o período de 1999 a 2011 variaram entre 10 a 32% de RCC reciclados em relação ao total de RCC recebido pela prefeitura. Houve um aumento percentual nos resíduos recebidos nas ERE em relação a todo o RCC recebido pelos equipamentos da prefeitura (aterro, ERE, URPV), no período de 1999 a 2005, no entanto, o crescimento não foi relevante, indicando uma discreta adesão dos geradores e transportadores de RCC às estruturas de reciclagem disponibilizadas pelo município, diante do potencial de recebimento de RCC existente. Além disso, para o período de 2006 a 2009, observa-se uma diminuição considerável da destinação dos RCC para a reciclagem. O fato é contraditório considerando que houve um aumento na capacidade instalada de reciclagem, com a instalação da nova ERE BR040 e na quantidade de RCC recebido pela prefeitura. De

acordo com a consideração iniciada por Simões (2011), não se pode atribuir à falta de estrutura disponibilizada pela prefeitura, uma vez que em 2006, o município contava com 28 URPV e pontos de recebimento de entulho (PRE) e 3 estações de reciclagem. A hipótese levantada para justificar tal situação, seria a falta de segregação dos resíduos nos canteiros de obra, implicando em caçambas sem a triagem dos resíduos de construção e demolição classe A, com a presença de outros materiais (classe B, C e D) superior a 10%. Tal condição inviabiliza a recepção dos resíduos nas estações de reciclagem, por regras determinadas pela prefeitura.

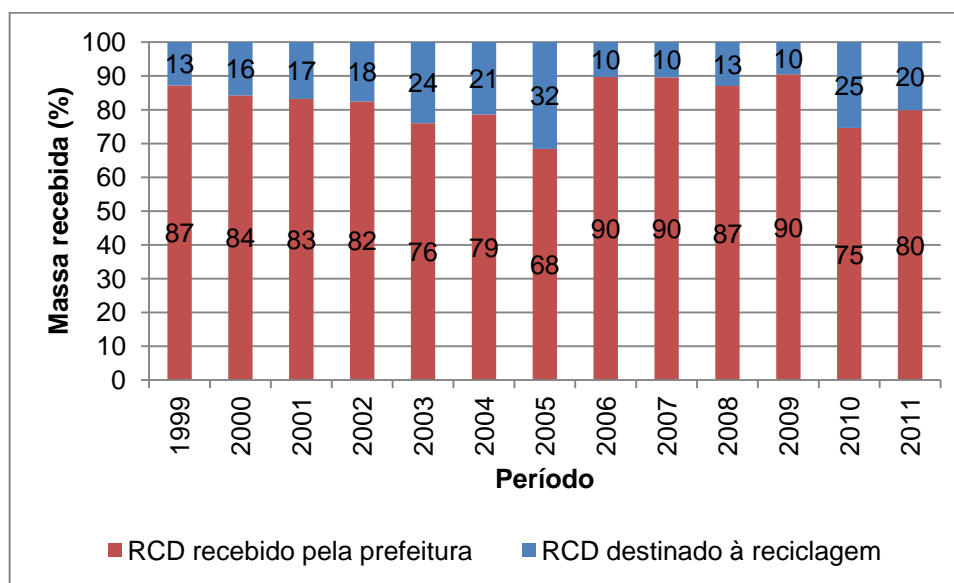


Figura 5.9: Participação (%) da massa de RCC destinados à reciclagem em relação ao total de RCC recebidos pela prefeitura de Belo Horizonte– 1999 a 2011

Fonte: BELO HORIZONTE, 1999 - 2011.

Em suma, verifica-se que a Lei nº10.522 (BELO HORIZONTE, 2012) dá atribuições aos geradores e ao poder público para o gerenciamento de RCC. Percebe-se um cumprimento por parte do poder público em relação à disponibilização dos equipamentos públicos no município. No entanto, em relação aos geradores, percebe-se que há uma má utilização da estrutura disponível, sugerindo que pouco tem sido feito em relação à segregação nos canteiros.

A Figura 5.10 apresenta, para todos os meses de 2006 a 2011, a massa total de resíduos recebidos em todas as estações de reciclagem de entulho e o seu rejeito, isto é, o que não pode ser processado na ERE.

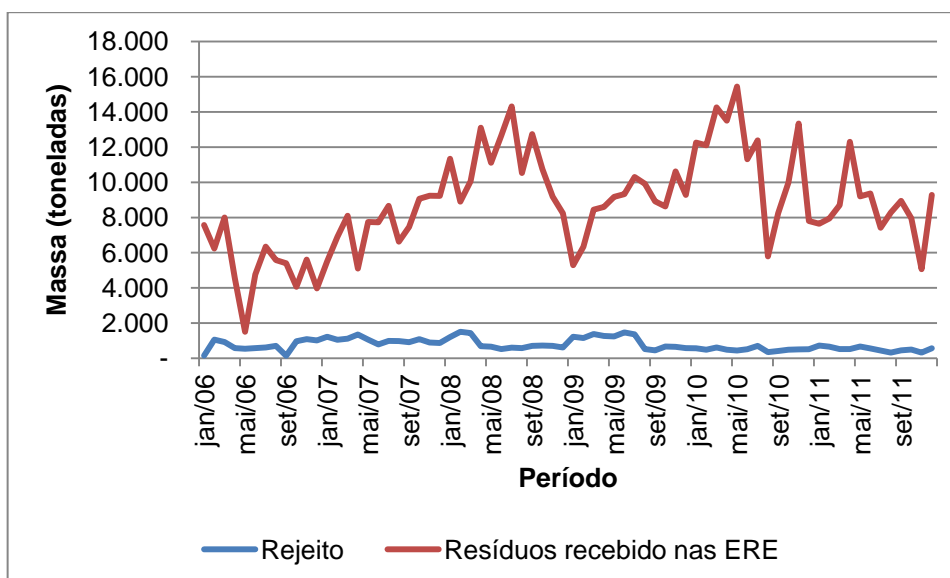


Figura 5.10: Resíduos totais recebidos nas ERE e seus rejeitos para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2011

É possível perceber que há uma pequena geração de rejeito pelas ERE quando comparado com todo o resíduo que é recebido. Tal fato confirma a ação da prefeitura de recebimento de resíduo classe A já triado e com baixa contaminação por outros componentes dos RCC.

As Figura 5.11, Figura 5.12 e Figura 5.13 apresentam uma análise mensal dos resíduos recebidos nas estações de reciclagem de entulho em relação a capacidade de processamento fornecida pelo fabricante. Foram consideradas seis horas por dia e vinte e dois dias por mês de operação em cada ERE.

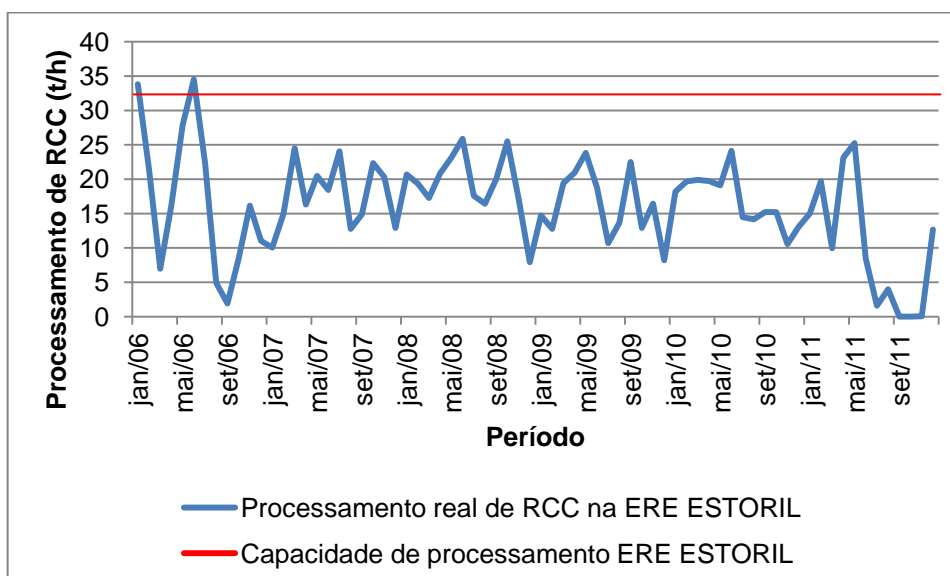


Figura 5.11: Processamento real e a capacidade de processamento de RCC da ERE Estoril, para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2011

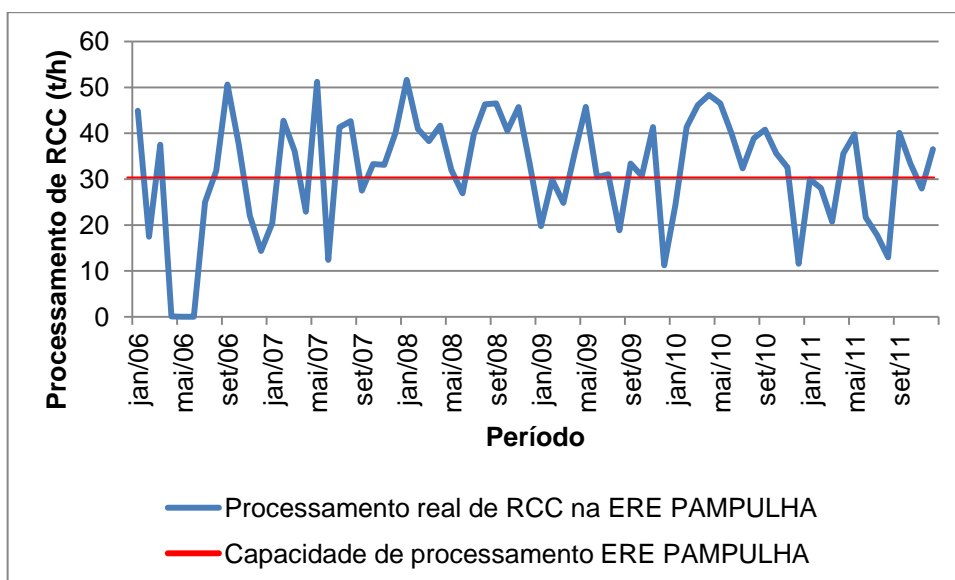


Figura 5.12: Processamento real e a capacidade de processamento de RCC da ERE Pampulha, para o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2011

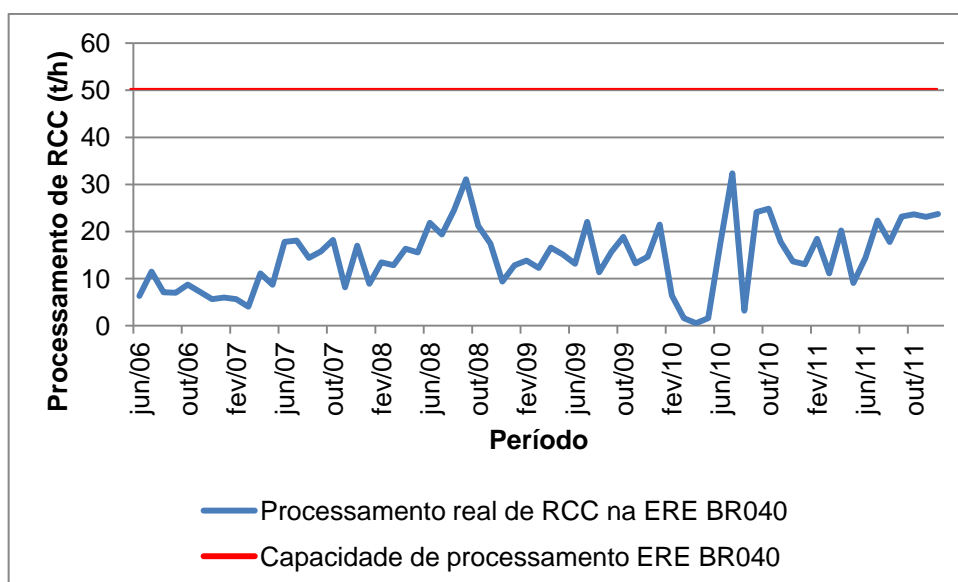


Figura 5.13: Processamento real e a capacidade de processamento de RCC da ERE BR040, para o período de junho de 2006 a dezembro de 2011

Diante do exposto, é possível ratificar a baixa utilização da capacidade instalada das estações de reciclagem de entulho, principalmente para as ERE Estoril e BR040. Em alguns meses, o processamento real foi superior à capacidade de processamento na ERE Pampulha indicando uma boa operação da mesma. No entanto, vários meses tiveram baixa utilização assim como nas outras ERE.

A destinação dos RCC nas estações de reciclagem está relacionada com o local de geração dos resíduos. Ou seja, o transportador de RCC, com a intenção de minimizar o seu custo com o transporte dos resíduos, destina seu resíduo classe A para a estação de reciclagem mais próxima do ponto de coleta dos resíduos. A Figura 5.14 mostra o percentual do total das massas de RCC recebida em cada estação de reciclagem, para o período de 1999 a 2011.

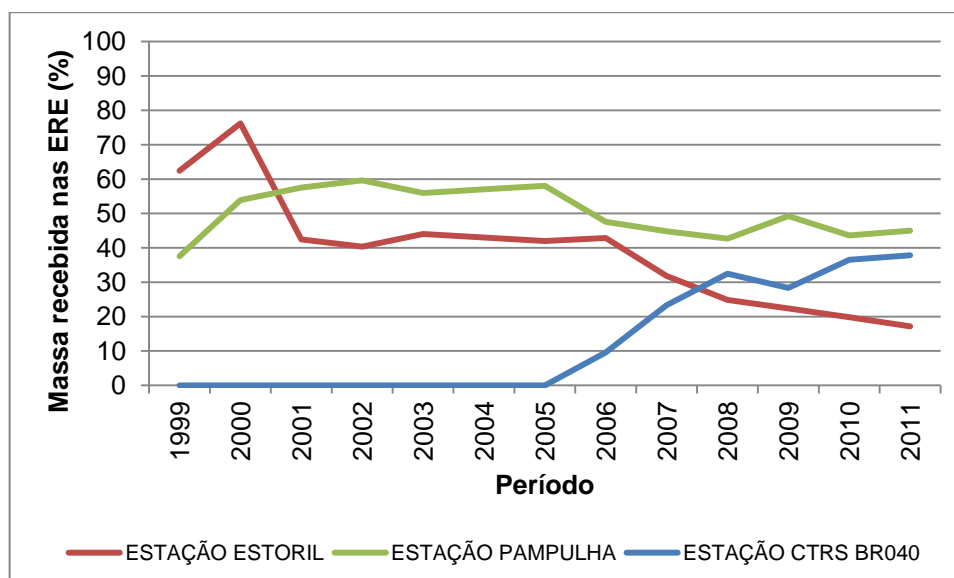


Figura 5.14: Evolução (%) da massa de RCC recebidos em cada ERE frente a massa total de RCC destinados à reciclagem em Belo Horizonte – 1999 a 2011

Fonte: BELO HORIZONTE, 1999 - 2011.

Considerando a premissa da relação proximidade das estações de reciclagem versus custo de transporte de RCC, a localização das estações de reciclagem foi estratégica em relação à expansão da atividade construtiva ocorrida no período. De maneira geral, tal expansão pode ser comprovada a partir da área total de baixa de construção por região administrativa (RA) no período de 2001 a 2011, apresentada na Figura 5.15. Isto é, a ERE Estoril, localizada na regional Oeste, a ERE Pampulha, regional Pampulha e a ERE BR040, regional Noroeste, se destacam como uma das regionais com maiores participações nas áreas de baixa de construção. Destaca-se apenas a regional Centro-Sul pelos elevados percentuais de áreas de baixa de construção demonstrando a intensa atividade construtiva e inexistência de ERE implantada no local. Cabe ressaltar, que a localização da ERE BR040, foi facilitada pela estrutura e disponibilidade da área já pertencente ao aterro sanitário operado pelo município na época.

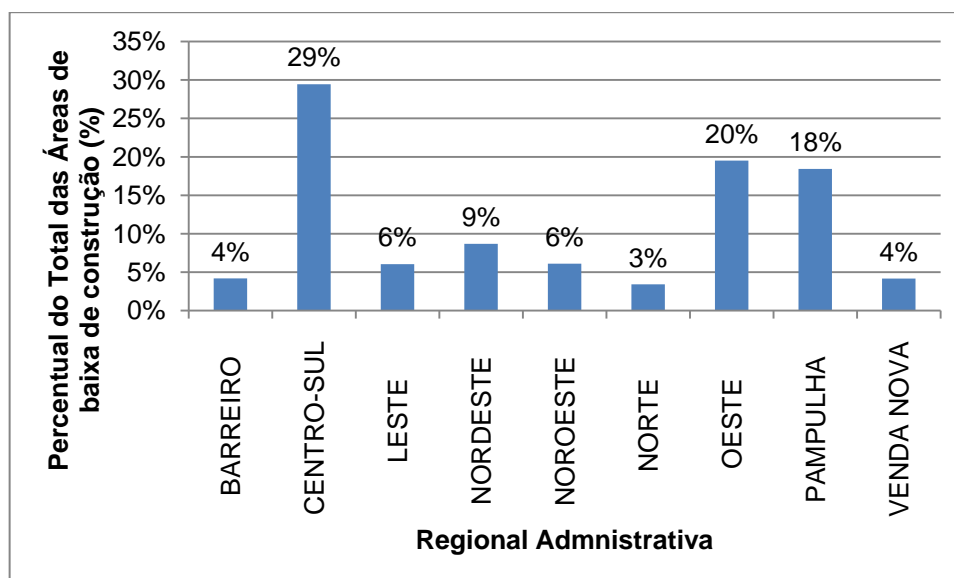


Figura 5.15: Distribuição da área de baixa de construção (%) por regional administrativa – 2001 a 2011.

Fonte: BELO HORIZONTE, 2001 a 2011.

De maneira detalhada, a Figura 5.16 apresenta a evolução de recebimento de resíduos pelas ERE juntamente com a evolução espacial das áreas de baixa de construção por bairro. As áreas de baixa de construção foram interpretadas com a geração formal de RCC, conforme já tratado na Seção 5.2. Os mapas foram elaborados e avaliados por biênio. Percebe-se que há pouca variação ao longo dos anos dos bairros que estão envolvidos com a construção formal no município.

Nota-se que a localização das estações de reciclagem ERE Pampulha e ERE Estoril estão adequadas levando em consideração as gerações formais de resíduos da construção civil ao longo do período analisado (2000 a 2011). No entanto, a ERE BR040 não se encontra em região de altas gerações de RCC.

A baixa taxa de reciclagem dos RCC pode estar atribuída ao alto custo para transporte dos resíduos para as ERE, o que favorece as deposições irregulares.

As áreas de baixa de construção indicam, para o período mais atual (biênio 2010 e 2011) que as divisas das regionais Centro-Sul-Leste e Venda Nova-Norte-Pampulha são áreas de intensa geração de RCC e distantes de ERE, podendo apontar para uma necessidade de estações de reciclagem naquelas regiões. Uma atenção especial deve ser dada à regional Norte, principalmente pelas políticas de expansão dessa regional, marcadas pela construção do Centro Administrativo, acessos como Linha Verde e lançamentos de condomínios.

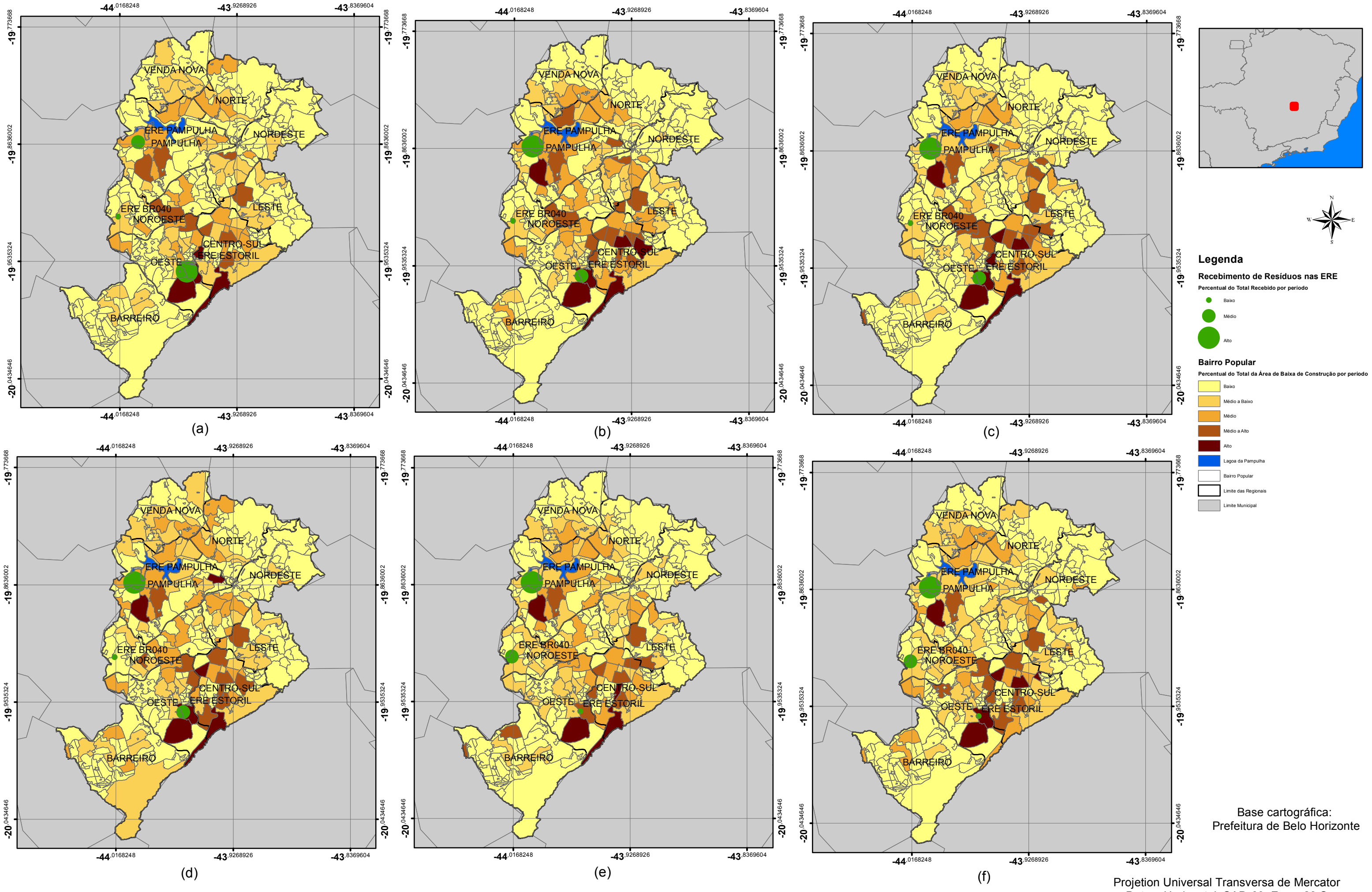


Figura 5.16: Mapas bienais de resíduos recebidos nas ERE e áreas de baixa de construção por bairro no município de Belo Horizonte para o período de 2000 a 2011

(a) Período de 200 e 2001 (b) Período de 2002 e 2003 (c) Período de 2004 e 2005
 (d) Período de 2006 e 2007 (e) Período de 2008 e 2009 (f) Período de 2010 e 2011

O aumento de recebimento de RCC na ERE BR040 e diminuição na ERE Estoril não se justifica pela intensidade de construções formais nas regiões. Ou seja, o entorno da ERE Estoril permanece com alta intensidade de construções formais. A hipótese levantada para tal fato é que há uma pressão popular para fechamento da ERE Estoril, uma vez que é uma área residencial já estava bastante ocupada, de acordo com as altas áreas de baixa de construção ocorrida por todo o período. Além disso, existe um estudo por parte da SLU para alteração de localização ERE Estoril a partir de uma licitação nº406/030/12. Em relação à ERE BR040, conforme citado anteriormente, sua localização foi facilitada pela disponibilidade de lote pertencente ao aterro sanitário operado pelo município na época da sua instalação.

As Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) foram avaliadas em diversos aspectos. Foram feitas análises temporais e espaciais com o intuito de avaliar suas evoluções e desempenhos. Alguns esclarecimentos foram feitos com agentes da prefeitura envolvidos com as URPV em relação a divergências de informações na fontes de consulta, como os Relatórios Anuais de Limpeza Pública, o *site* da Prefeitura de Belo Horizonte e as informações georreferenciadas disponibilizadas pela PBH.

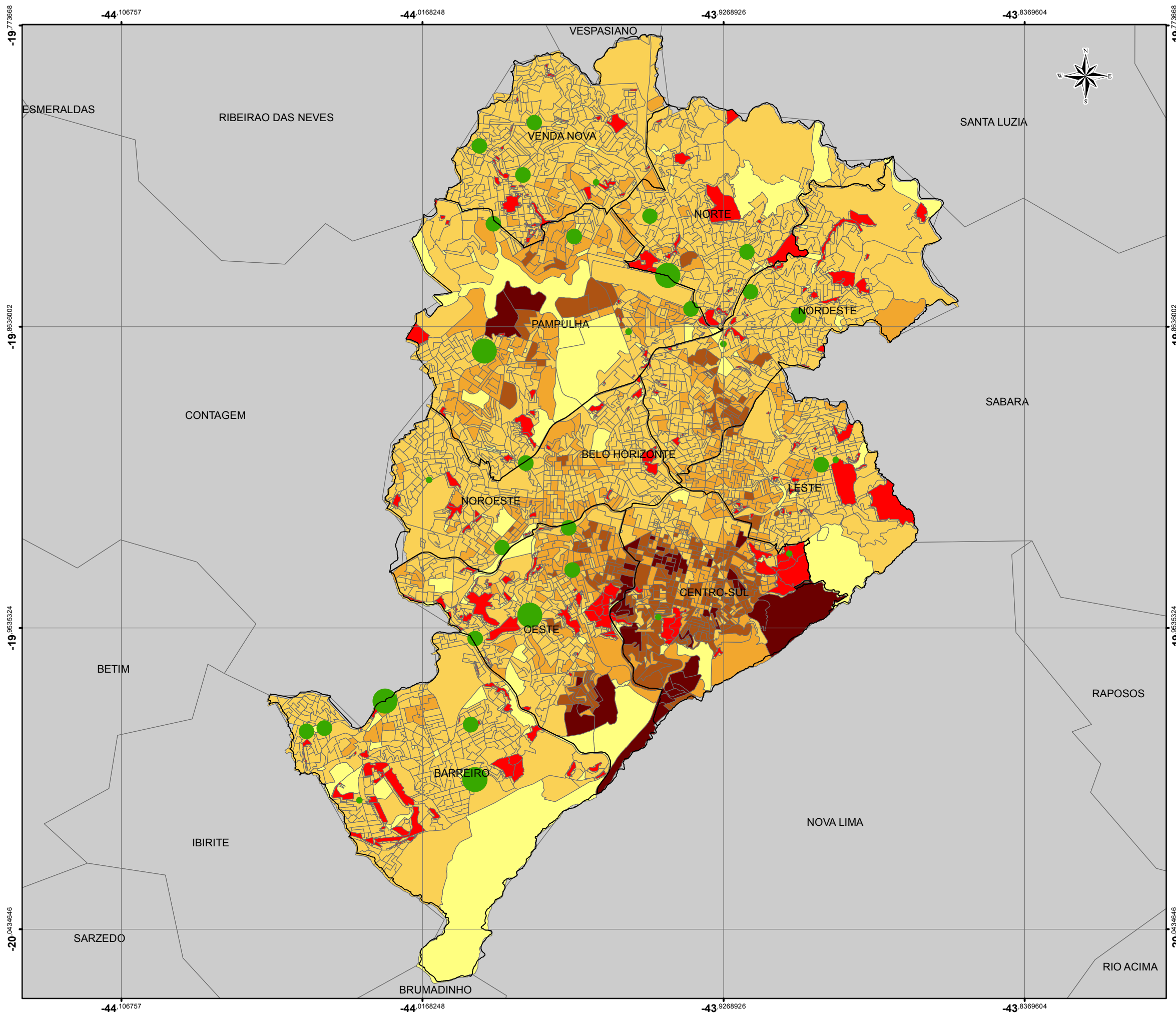
As URPV São José e Jardim Guanabara não foram avaliadas devido a falta de informações uma vez que são relativamente novas. A URPV Andradas II foi fechada para construção de uma estrada de ferro e seus dados foram avaliados. As URPV João XXIII e Pedro II foram fechadas para ampliação da avenida Tancredo Neves. A URPV Pedro II teve seus dados analisados no estudo. A URPV Lagoa foi fechada devido à construção de uma Unidade Municipal de Educação Infantil (UMEI) e foi aberta uma nova URPV na regional chamada URPV Céu Azul/Luiz Catagalli. Os dados disponíveis desta nova URPV foram apresentados apenas no Relatórios Anuais de Limpeza Pública de 2011. Dessa forma, este dado foi avaliado juntamente com a URPV Lagoa.

A Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) são destinadas para pequenos geradores de resíduos da construção civil. De maneira geral, as deposições irregulares são causadas por pequenos geradores, justificando a importância de uma atenção especial a este equipamento público. Além disso, a operação e manutenção de toda a rede de URPV demanda investimentos constantes por parte da prefeitura. Desta forma, é essencial que estas sejam otimizadas em relação à sua localização e operação. Ou seja, que os resíduos recebidos sejam em sua maior parte RCC e que a triagem seja eficiente e aumente a taxa de reciclagem destes resíduos. Estas unidades recebem de forma gratuita até 1m³ de RCC diários.

É necessário avaliar a distribuição espacial das URPV no município de Belo Horizonte, associado ao recebimento de resíduos, à renda da população e regiões de vilas e favelas para verificar se estas cumprem sua função que é receber pequenos resíduos de geradores que, em geral, está relacionado com regiões de baixa renda (Figura 5.17). Os círculos verdes mostram a localização de cada URPV e representam os resíduos recebidos por elas. A escala de tamanho dos círculos representam, em termos de números de viagens, o percentual do número de viagens de cada URPV em relação ao total de viagens realizadas por todas as URPV.

Diante do exposto, observa-se que a distribuição das URPV não se apresentam de forma homogênea no município. A regional Barreiro possui seis unidades instaladas enquanto que a Leste possui apenas duas unidades. Adicionalmente, pode-se perceber que regiões de renda alta, como a Centro-Sul, apesar de possuir apenas duas URPV, estas apresentaram baixo recebimento de resíduos no período de 2006 a 2011. Nota-se que regiões próximas à vilas e favelas e de renda baixa apresentaram, em geral, maiores recebimentos de resíduos para o mesmo período. Estas constatações confirmam a função das URPV e direcionam as tomadas de decisões para instalação de novas unidades.

Além disso, cabe avaliar a influência das URPV na massa de resíduos coletados pela prefeitura em deposições irregulares, constituídas principalmente por resíduos de construção civil. A Figura 5.18 apresenta, para o período de 2006 a 2011, o percentual do total da massa de resíduos recebidos pelas URPV e o percentual do total da massa de resíduos por deposições irregulares registradas pela prefeitura por regional. Os resultados foram apresentados por classes de percentual baixo a alto para ambas as variáveis.



Legenda

URPV - 2006 a 2011

Percentual do Total de Resíduos Recebidos

- Baixo
- Médio
- Alto

■ Vilas e Favelas

Dados Censitários

Faixas de Renda

- Baixa
- Média a Baixa
- Média
- Média a Alta
- Alta

- Limite das Regionais
- Limite Municipal

Base cartográfica:
Prefeitura de Belo Horizonte, IBGE (Censo/2010)

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: SAD-69 Fuso: 23 S



Figura 5.17: Mapa de recebimento de resíduos pelas URPV para o período de 2006 a 2011, faixas de renda e vilas e favelas do município de Belo Horizonte

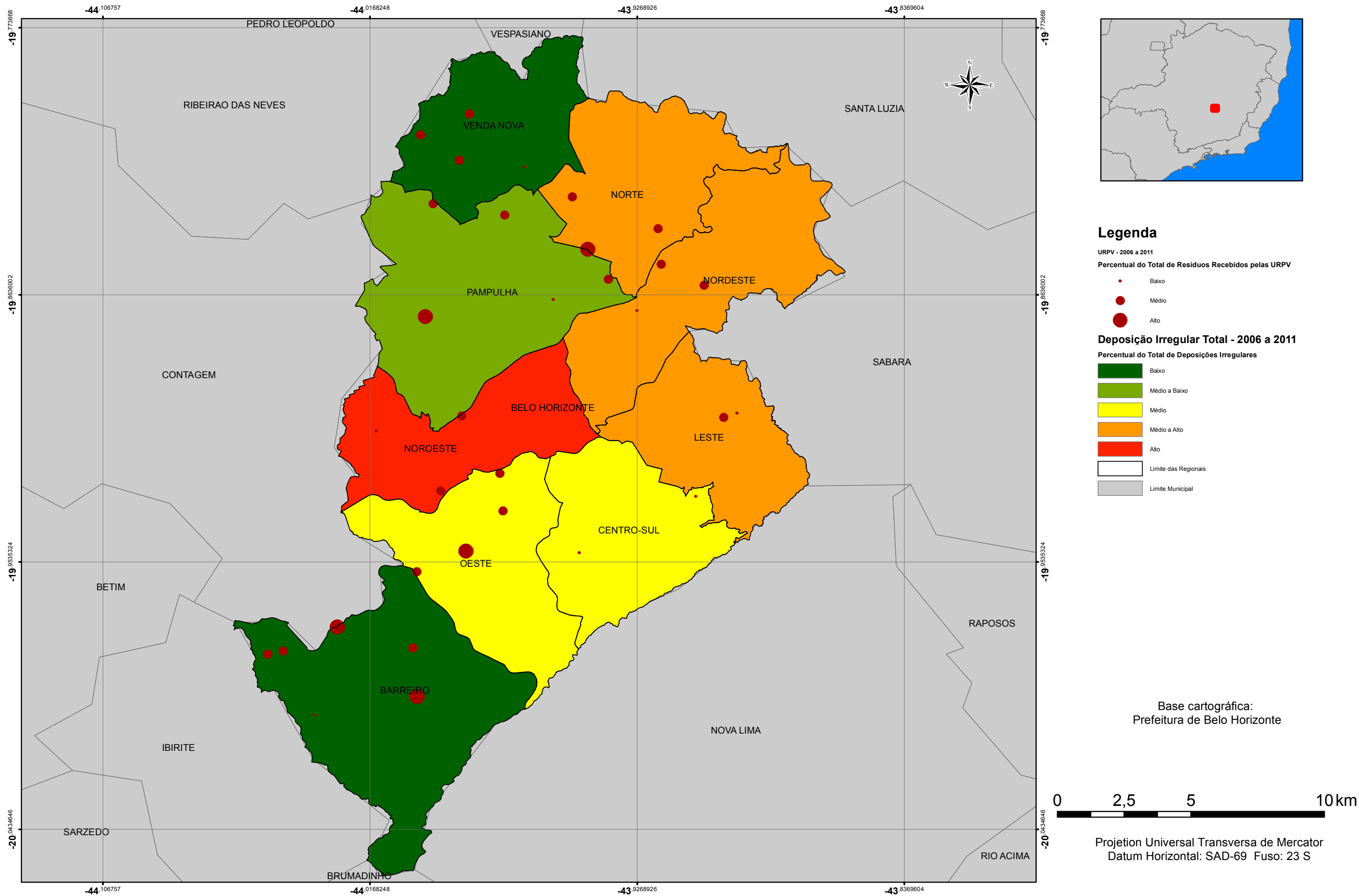


Figura 5.18: Mapa de recebimento de resíduos pelas URPV e deposições irregulares para o período de 2006 a 2011

De acordo com a Figura 5.18, é possível perceber o impacto da quantidade de URPV e da massa de resíduos recebidos pelas URPV por regionais em relação à deposição irregular de RCC. A regional do Barreiro possui seis URPV, sendo duas com alto percentual de recebimento de resíduos em relação ao total de resíduos recebidos pelas URPV, três com médio percentual de recebimento e uma com baixo percentual de recebimento de resíduos. Neste contexto, tal regional apresentou baixa deposição irregular no período de 2006 a 2011. Entende-se, dessa forma, que o dimensionamento das URPV na regional Barreiro está adequado em relação à sua principal função, diminuir as deposições irregulares. As regionais Pampulha e Venda Nova apresentaram o mesmo comportamento.

Em contrapartida, a regional Noroeste possui apenas três URPV instaladas em sua extensão e constatou-se que a coleta pela prefeitura da deposição irregular apresentou um percentual alto em relação ao total. Tais resultados apontam para uma necessidade de adequação da quantidade de URPV na regional. O mesmo ocorre para as regionais Norte, Nordeste, Leste e Oeste. A regional Norte aumentou recentemente o número de unidades criando a URPV Jardim Guanabara, que não foi analisada por não haver registro histórico.

Destaca-se uma particularidade para a regional Leste, onde além do reduzido número de URPV, percebe-se que há uma proximidade entre as unidades, prejudicando a destinação de RCC em toda a extensão da regional e favorecendo a deposição irregular uma vez que existe uma maior possibilidade de haver pontos de geração de RCC distantes das URPV. Esse fator relacionado à distribuição espacial das URPV pode ser otimizado a partir de uma distribuição mais homogênea das URPV na regional.

A regional Centro-Sul possui apenas duas URPV com baixo percentual de recebimento de resíduo, no entanto apresentou médio percentual de deposição irregular. Conforme citado anteriormente (Figura 5.17) tal regional é marcada por alta concentração de renda e, conseqüente, utilização de empresas transportadoras de RCC. A alta renda apresentada pela regional sugere que os geradores de RCC recorrem a empresas transportadoras de resíduos arcando com o este custo. Dessa forma, pode-se levantar duas hipóteses, a primeira é sobre a origem da disposição irregular encontrada na regional sugerindo que podem haver outros tipos de resíduos que não os resíduos da construção civil e a segunda é associar a deposição irregular aos transportadores. No entanto, é necessária uma investigação mais aprofundada do tipo destas deposições para confirmar as hipóteses levantadas.

De maneira geral, percebe-se uma relação indireta entre os resíduos coletados nas URPV e pelas deposições clandestinas, ou seja, as regionais que tiveram baixas coletas de resíduos nas

URPV foram as que apresentaram maiores volumes de resíduos coletados por deposição clandestina. Dessa forma, percebe-se que há uma maior utilização das URPV nas comunidades com menores coletas por deposição clandestina, tal fator pode estar associado à acessibilidade das mesmas.

As Figura 5.19 e Figura 5.20 apresentam, em valores absolutos, a quantidade de resíduos recebidos nas URPV e coletados em deposições irregulares por regional para o período de 2006 a 2011.

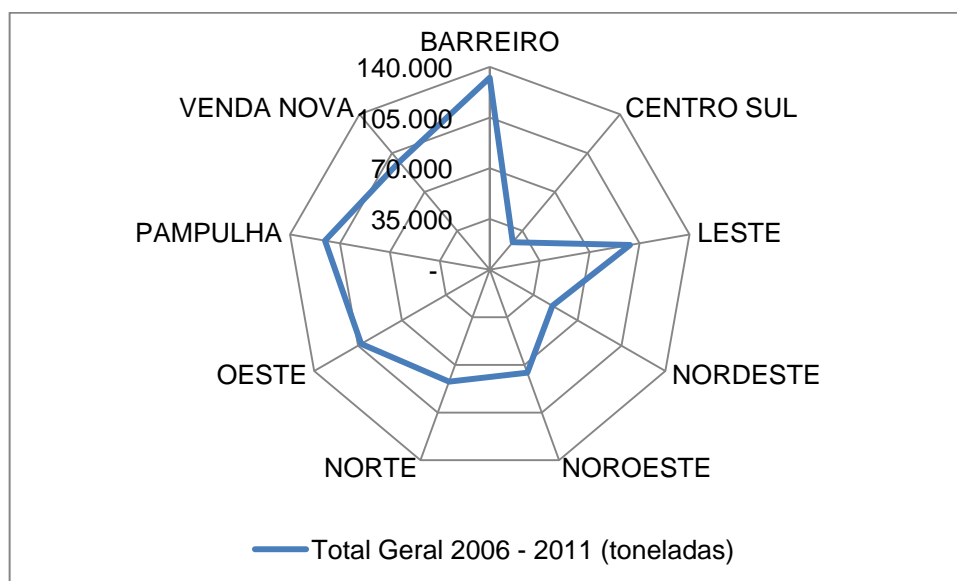


Figura 5.19: Total de RCC coletados por caçambas em URPV no período de 2006 a 2011 - massa (t)

Fonte: BELO HORIZONTE, 2006 a 2011.

A análise conjunta das Figura 5.19 e Figura 5.20 sugere a relação indireta entre os resíduos coletados nas URPV e pelas deposições clandestinas indicado pela Figura 5.18, ou seja, as regionais que tiveram baixas coletas de resíduos nas URPV foram as que apresentaram maiores volumes de resíduos coletados por deposição clandestina, destacando as regiões Nordeste, Noroeste e Norte.

Para avaliar de forma específica a evolução temporal e a participação das regionais nos resíduos recebidos pelas URPV, a Figura 5.21 apresenta a quantidade de resíduos recebidos nas URPV, em toneladas, para o período de 2006 a 2011.

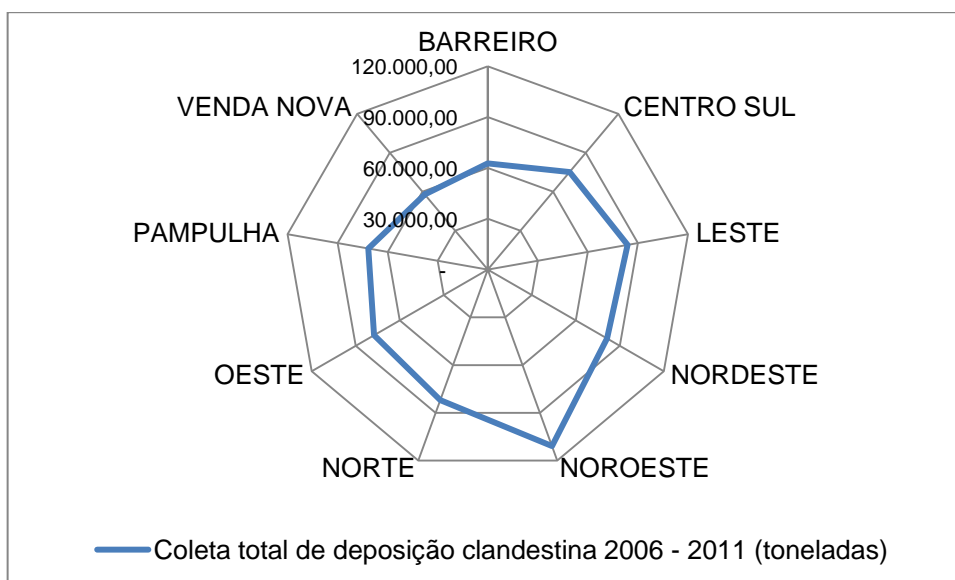


Figura 5.20: Total de RCC coletados em deposições clandestinas no período de 2006 a 2011 - massa (t)

Fonte: BELO HORIZONTE, 2006 a 2011.

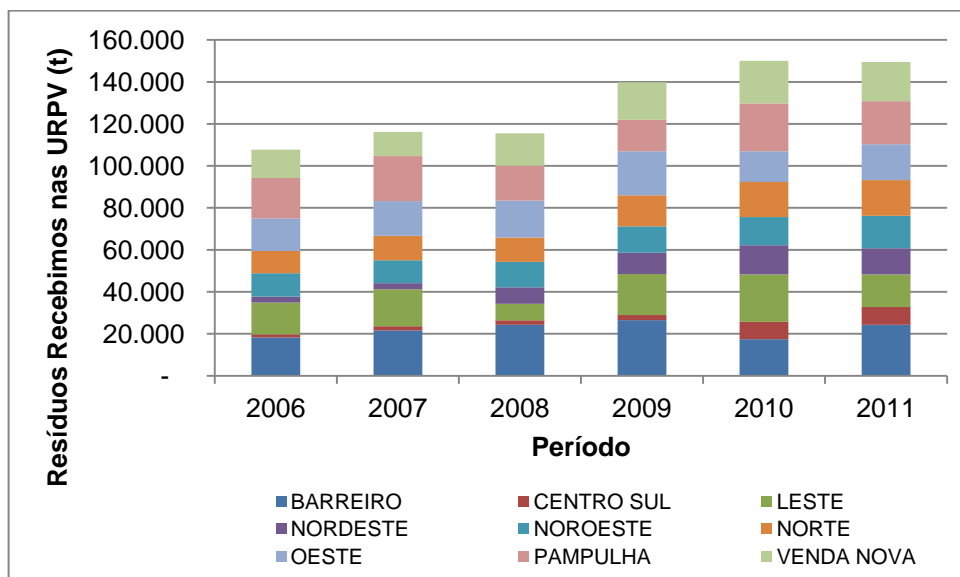


Figura 5.21: Recebimento de resíduos pelas URPV por ano e por regional administrativa no município de Belo Horizonte (toneladas)

Fonte: BELO HORIZONTE, 2006 a 2011.

Pode-se constatar que há um aumento dos resíduos recebidos pelas URPV ao longo do período analisado, sugerindo a adesão pela população da utilização destas unidades, tornando-se referência para o recebimento de pequenos volumes de RCC. Os recebimentos anuais de RCC pelas URPV que foram, em 2006, 109.000 toneladas de resíduos alcançaram valores de aproximadamente 150.000 toneladas em 2011. Ou seja, um aumento de 38% ao longo de seis anos.

Além disso, pode-se perceber que cada regional possui participação diferenciada no recebimento de resíduos. Destaca-se, novamente, a regional Centro-Sul por possuir baixos

recebimentos de resíduos, podendo ser explicado pelo perfil da população, conforme já citado. A alta renda apresentada pela regional sugere que os geradores de RCC recorrem a empresas transportadores de resíduos arcando com o este custo.

Para confirmar se a adesão às URPV pela população ocorreu de forma correta, as Figura 5.22 e Figura 5.23 avaliam o percentual de RCC frente aos resíduos totais recebidos pela URPV, em número de viagens.

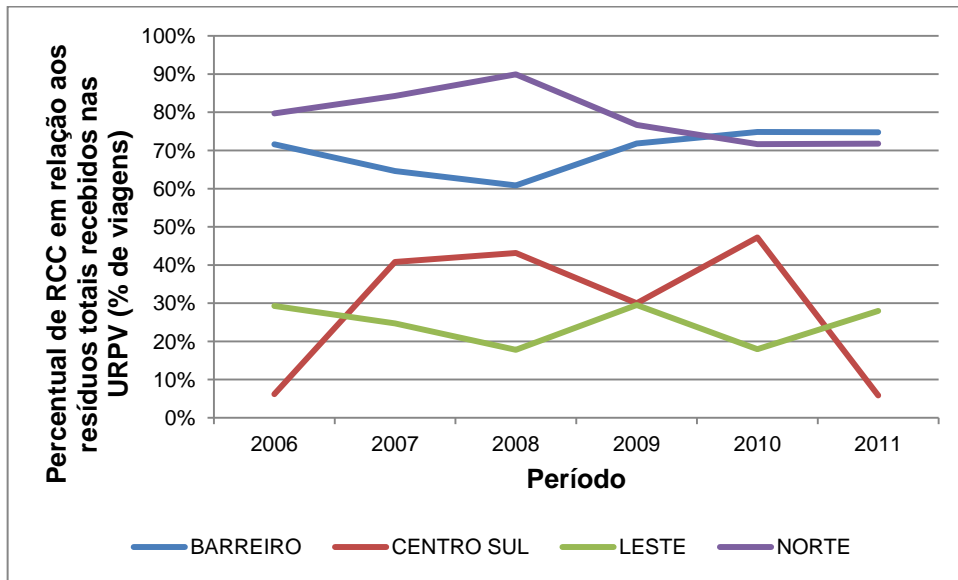


Figura 5.22: Percentual de RCC no total de resíduo recebido pela URPV para as regionais Barreiro, Centro-Sul, Leste e Norte, no período de 2006 a 2011

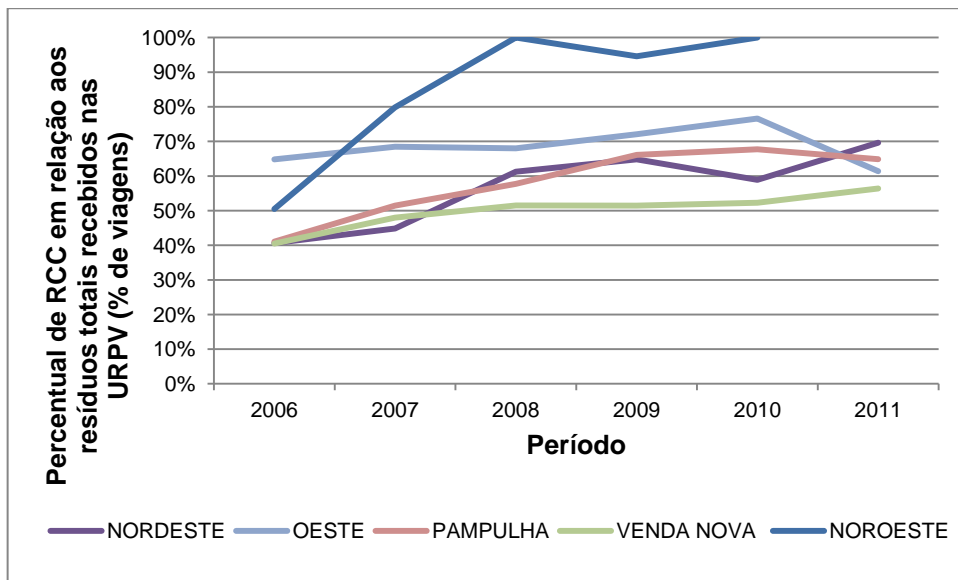


Figura 5.23: Percentual de RCC no total de resíduo recebido pela URPV para as regionais Nordeste, Oeste, Pampulha, Venda Nova e Noroeste, no período de 2006 a 2011

Diante das informações apresentadas, observa-se que há uma crescente participação dos RCC encaminhados às URPV em relação aos resíduos totais recebidos por elas para as regionais Nordeste, Oeste, Pampulha, Venda Nova e Noroeste. O menor valor registrado em 2006 foi 40% para as regionais Nordeste, Pampulha e Venda Nova, alcançando o maior valor em 2011

de 70% para a regional Nordeste. Tal fato demonstra que há uma melhora contínua na utilização destes equipamentos públicos, entretanto, ainda há necessidade de melhorias. Como exemplo, pode-se citar a regional Venda Nova que, em 2011, possuía 56% das viagens às URPV constituídas de RCC. O investimento pela prefeitura em divulgações das URPV para população pode gerar grandes ganhos a partir do aumento de RCC recebido nas unidades. Em 2011, as URPV pertencentes à regional Noroeste não registraram recebimento de resíduos.

No entanto, as URPV localizadas nas regionais Centro-Sul e Leste apresentaram percentuais baixos de RCC recebidos indicando que estas estão sendo desviadas da sua função fim, cumprindo outro papel no gerenciamento de resíduos que não o de recebimento de pequenos volumes de RCC. Pode-se atribuir este fato para a regional Centro-Sul, conforme já citado (Figura 5.17), pela baixa atuação de pequenos transportadores na região. Os baixos percentuais apresentados pela regional Leste podem estar associado ao desconhecimento pela população das funções das URPV no gerenciamento de RCC.

As regionais Barreiro e Norte mostraram altos percentuais de recebimento de RCC em relação a todas as viagens realizadas pelos pequenos transportadores de resíduos às URPV, sendo os maiores apresentados 75% (em 2011) e 90% (em 2008), respectivamente. A regional Norte se confirma pela necessidade de instalação de novas unidades de recebimento de pequenos volumes, conforme já citado, levando em consideração que as URPV existentes recebem altos percentuais de RCC. A regional Barreiro se destaca pela utilização de suas URPV, apresentando altos recebimentos de resíduos (Figura 5.17) sendo estes, em maior parte, resíduos de construção civil e apresentando baixa deposição irregular (Figura 5.18).

Por fim, cabe avaliar a destinação dos resíduos recebidos nas URPV. Para tal, foram apresentados os percentuais dos resíduos destinados às estações de reciclagem e ao aterro. A Figura 5.24 apresenta os dados avaliados.

Diante do exposto, percebe-se que há uma parcela muito pequena de resíduos recebidos nas URPV que são encaminhados para as estações de reciclagem de RCC. Além disso, observa-se que não há nenhum crescimento desta destinação ao longo do período de 2006 a 2011. O maior valor apresentado foi em 2007 sendo 10,3% dos resíduos recebidos nas URPV destinados às ERE e o menor valor foi 2,5%, em 2008. Esta baixa destinação às ERE pelas URPV está relacionada aos percentuais de resíduos que não são RCC recebidos nas URPV, como já mencionado, e à falta de segregação das diferentes classes de RCC, prejudicando o seu reaproveitamento. As URPV não realizam a triagem do material recebido. Para solucionar o problema da baixa reciclagem dos RCC provenientes das URPV, a primeira maneira seria

capacitar os geradores para a triagem no local da geração dos resíduos, a partir de treinamentos, e a segunda seria realizar a triagem nas unidades.

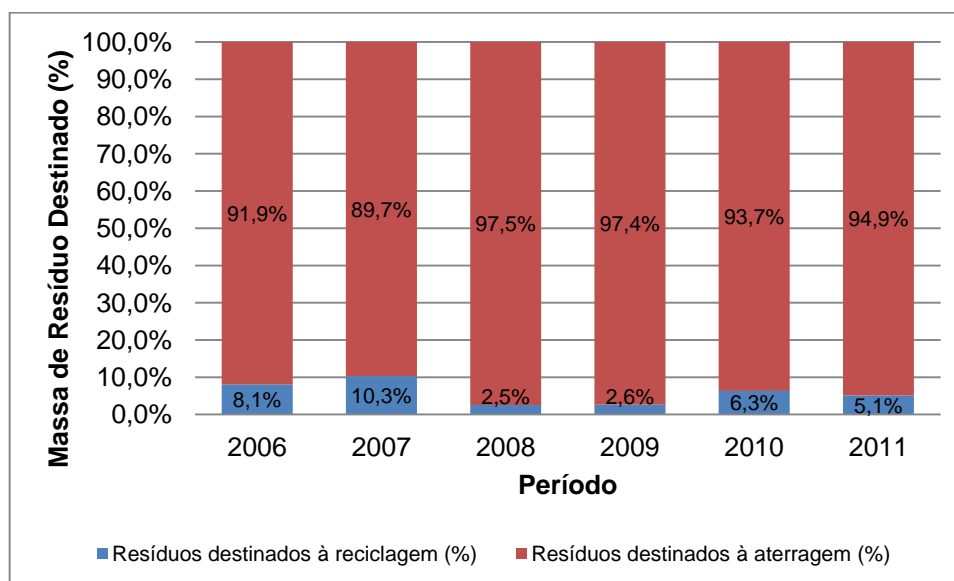


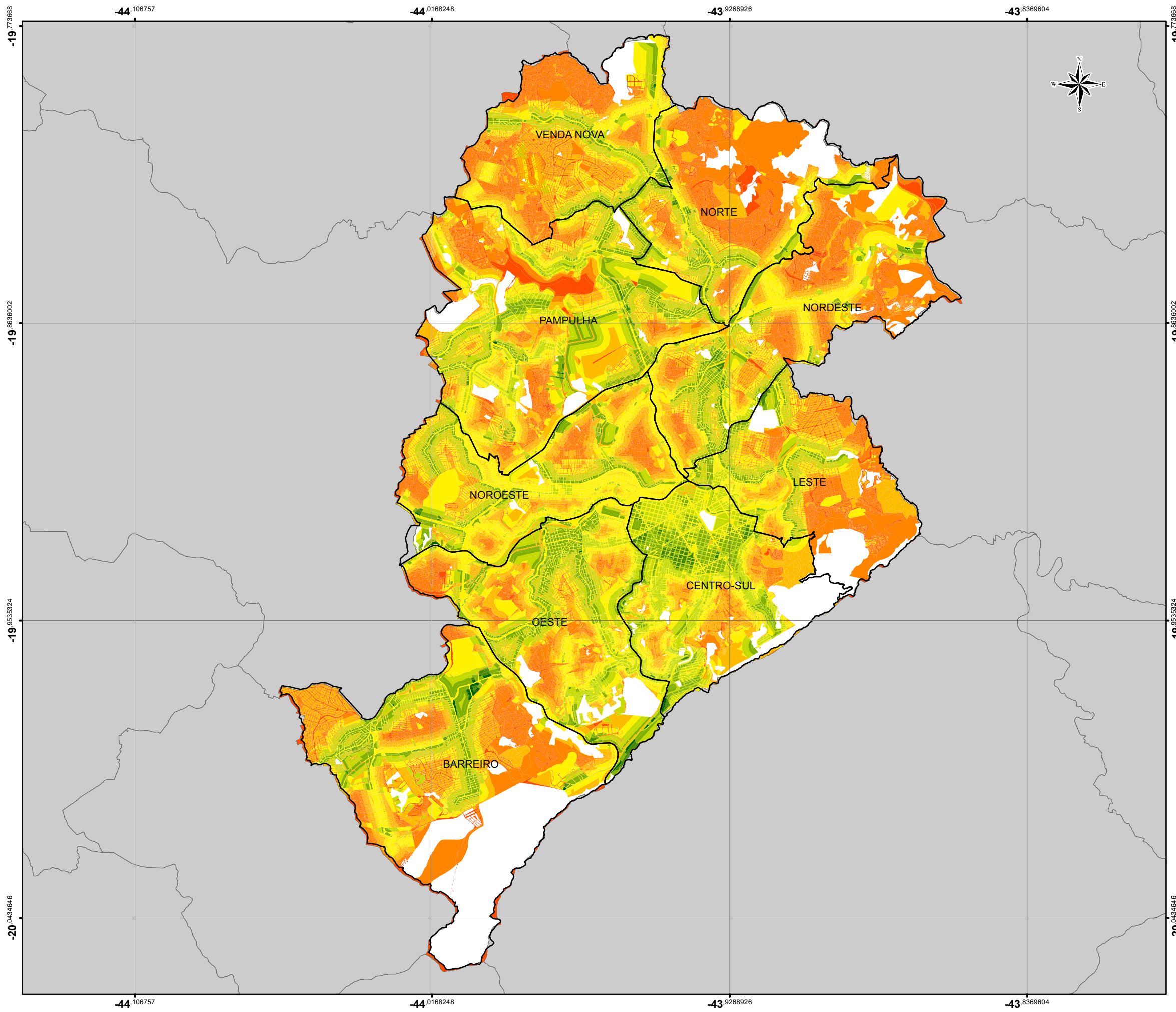
Figura 5.24: Percentual, em massa, dos resíduos destinados pelas URPV para o período de 2006 a 2011

Vale ressaltar que segundo Simões (2011) houve uma descentralização administrativa que transferiu a gerência das unidades para as Secretarias Municipais da Coordenação de Gestão Regional. Ou seja, a manutenção das URPV está relacionada com cada uma das nove secretarias existentes (uma para cada regional administrativa). Ainda segundo Fiuza *et al.* (2007), tal descentralização propiciou a não segregação do material recebido pela falta de capacitação dos profissionais envolvidos resultando em baixas taxas de reciclagem. Dessa forma, pode-se afirmar que a quantidade de RCC reciclado proveniente das URPV é insatisfatório e insuficiente perante ao seu potencial.

5.4 Definição de Locais Propensos à Implantação de Áreas de Triagem e Transbordo de RCC

Aplicando a metodologia descrita no Capítulo 4 – Seção 4.4, para o município de Belo Horizonte, foram obtidos os planos de informação ponderados e padronizados pelos pesos definidos para todas as variáveis analisadas, sendo elas renda, zoneamento, lotes vagos e sistema viário.

A Figura 5.25 apresenta o mapa de locais propensos à instalação de ATT para o município de Belo Horizonte.

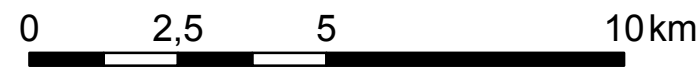


Legenda

Propensão para implantação de ATT

- Alta propensão
-
-
-
-
-
-
-
- Baixa propensão
- ZPAMs
- Limite das Regionais
- Limites Municipais

Base cartográfica:
 Prefeitura de Belo Horizonte, IBGE (Censo/2010)



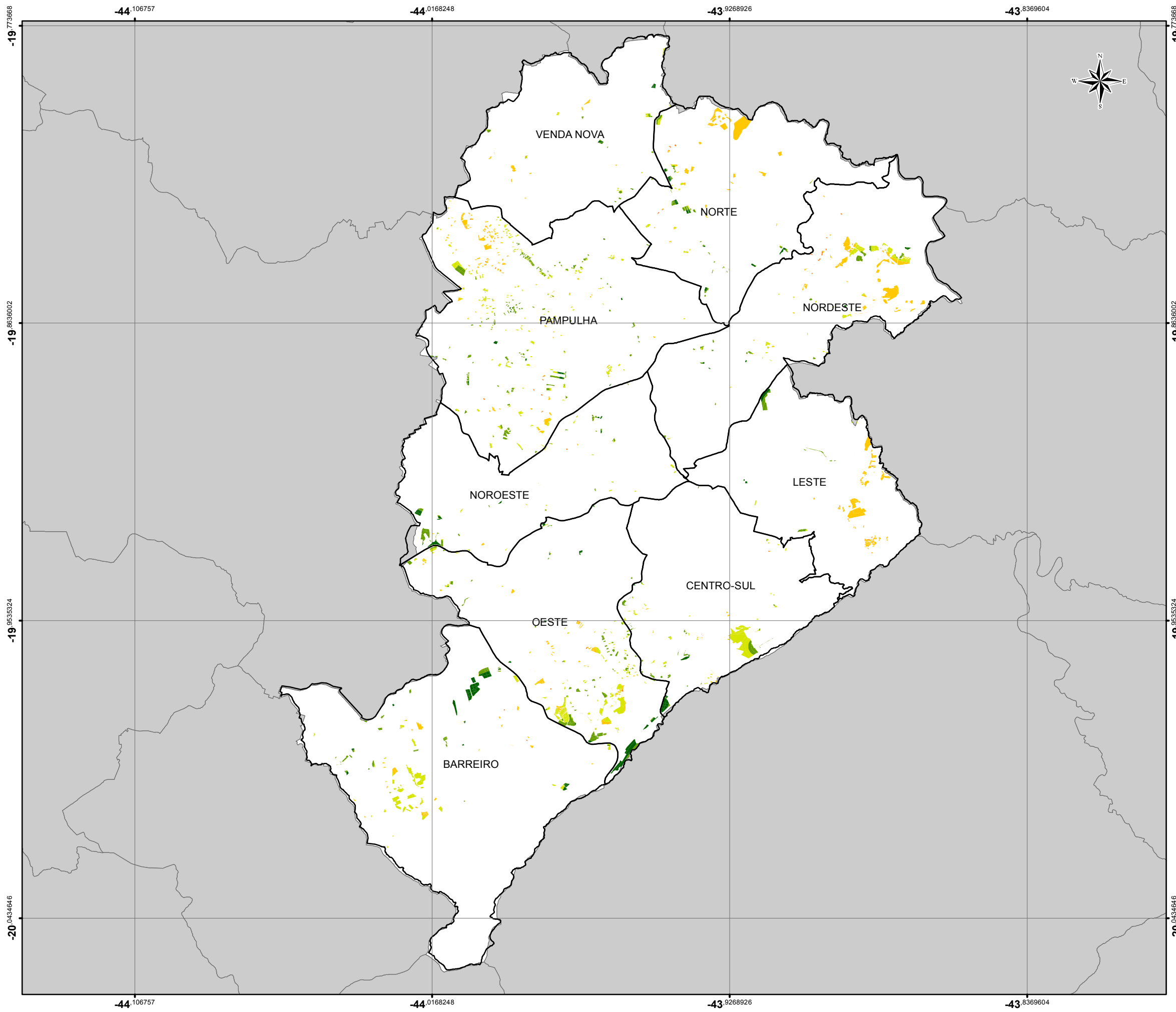
Sistema de Coordenadas Geográficas: GCS_SIRGAS_2000
 Datum: □D_SIRGAS_2000
 Prime Meridian: □Greenwich
 Angular Unit: □Degree

Figura 5.25: Mapa de locais propensos à implantação de ATT para o município de Belo Horizonte, com restrição de áreas de ZPAM

A Figura 5.25 é resultado da combinação dos planos de informações gerados para as variáveis renda, disponibilidade de lotes, acessibilidade e regras de uso do solo (zoneamento) de acordo com os pesos definidos na metodologia. O resultado deste cruzamento não é uma resposta binária, mas sim uma indicação entre os locais mais propensos aos menos propensos para implantação da atividade. Os locais com propensão “Alta” apresentam-se como prioritários para a implantação de ATT para resíduos da construção civil. As áreas pertencentes à Zona de Proteção Ambiental foram excluídas da análise, pois é vedada a sua ocupação de acordo com a LPOUS.

Como se pode observar, todas as regionais administrativas do município possuem regiões com elevada concentração das características desejáveis para implantação da ATT. Em geral, as áreas de alta propensão estão localizadas em torno dos principais eixos viários do município, indicando a grande importância desta variável frente as outras analisadas.

A Figura 5.26 apresenta os locais propensos à implantação de ATT inserindo com parâmetro restritivo, além das ZPAM, as áreas edificadas e os lotes vagos com área inferior a 1.100 m². O intuito ao inserir esta restrição é indicar a propensão das áreas em análise que estejam prontamente disponíveis para receber uma ATT devido à disponibilidade de lotes. Ou seja, todas as áreas apresentadas na análise possuem lotes disponíveis. O que as diferenciam são os pesos associados aos outros parâmetros (renda, zoneamento, distância das vias) e às áreas dos lotes vagos.

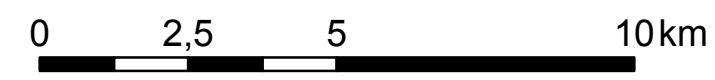


Legenda

Propensão para implantação de ATT

- Alta propensão
-
-
-
- Baixa propensão
- ZPAMs
- Limite das Regionais
- Limites Municipais

Base cartográfica:
 Prefeitura de Belo Horizonte, IBGE (Censo/2010)



Sistema de Coordenadas Geográficas: GCS_SIRGAS_2000
 Datum: □D_SIRGAS_2000
 Prime Meridian: □Greenwich
 Angular Unit: □Degree

Figura 5.26: Mapa de locais propensos à implantação de ATT para o município de Belo Horizonte, com restrição de áreas de ZPAM, lotes edificadas e lotes vagos com área menor que 1.100m²

As áreas de maior propensão indicadas pela metodologia estão distribuídas pelas regionais do município conforme Figura 5.27.

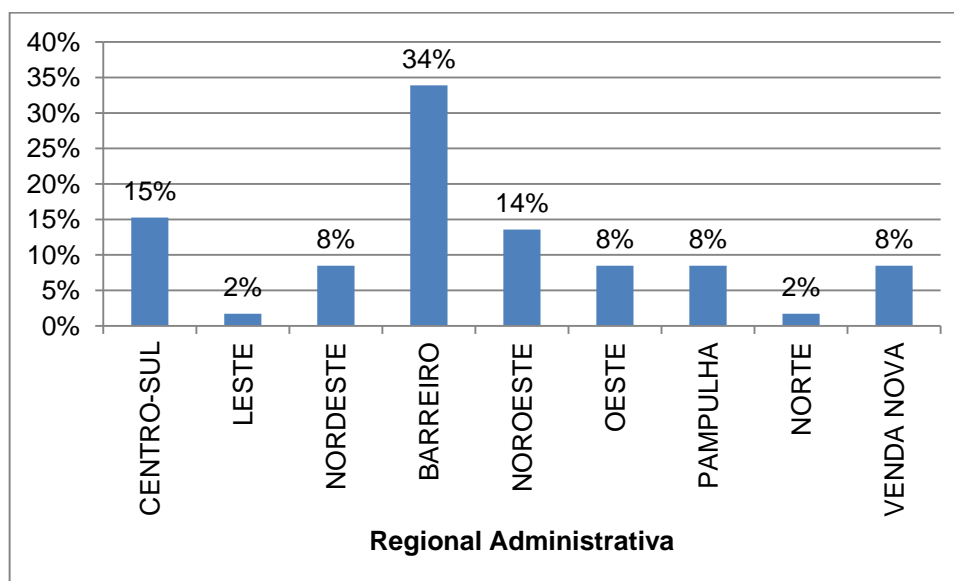


Figura 5.27: Distribuição percentual dos locais mais propensos à implantação de ATT pelas regionais do município de Belo Horizonte

Há uma maior concentração de áreas favoráveis para implantação de ATT na regional Barreiro, principalmente por características como proximidade de vias estruturadas, disponibilidade de lotes e zoneamento. A regional Centro-Sul se destaca diante das outras regionais do município também pela concentração de áreas propensas, o bairro destacado dentro da regional é o Belvedere. Neste caso os fatores renda, disponibilidade de lotes e proximidade de vias estruturadas favoreceram a regional.

Em especial, a regional Centro-Sul vem se destacando pela intensa expansão urbana marcada por grandes quantidades de novos empreendimentos. A Tabela 5.5 apresenta os dados dos últimos Censos Demográficos de população residente em Belo Horizonte, por regional administrativa e por bairros.

A expansão no bairro Belvedere é comprovada pelas altas taxas de crescimento anual da população apresentada na Tabela 5.5. A taxa de crescimento anual da população apresentada para o bairro Belvedere nos períodos de 1991 a 2000 e 2000 a 2010 foram superiores às apresentadas pelo município e todas as regionais.

Tabela 5.5: Taxa de crescimento anual em Belo Horizonte, por Regional Administrativa e por bairros - 1991/2000/2010 (%)

Regional/Unidade de Planejamento	Taxa de Crescimento Anual (%)	
	1991-2000	2000-2010
Barreiro	1,91	0,84
Centro Sul	0,39	0,42
Leste	0,20	-0,16
Nordeste	1,04	0,67
Noroeste	-0,08	-0,13
Norte	2,58	1,07
Oeste	0,81	0,68
Pampulha	3,38	3,01
Venda Nova	2,36	0,75
Belo Horizonte	1,15	0,66
Belvedere	7,07	8,34

Fonte: IBGE. Censo Demográfico

Para avaliar as áreas de locais propensos à implantação de ATT resultantes da aplicação da metodologia proposta para o município de Belo Horizonte, utilizou-se o software *Google Earth* para indicação de algumas dessas áreas.

As duas regionais de destaque (Barreiro e Centro-Sul) devido ao elevado número de áreas com alta propensão apresentadas foram analisadas no Google Earth. As Figura 5.28 e Figura 5.29 apresentam tais áreas.

A partir das imagens apresentadas é possível verificar que há uma boa correspondência da aplicação da metodologia proposta para a área real do município, indicando áreas não edificadas e considerando todos os outros parâmetros analisados. No entanto, se faz necessária a confirmação *in loco* das áreas apresentadas devido à atualização da base de dados da prefeitura e do software *Google Earth*.



Figura 5.28: Áreas de alta propensão para implantação de ATT na regional Centro-Sul, bairro Belvedere



Figura 5.29: Áreas de alta propensão para implantação de ATT na regional Barreiro, bairro das Indústrias I

Quando são adicionadas ao mapa da Figura 5.25 a localização das três estações de reciclagem públicas e a área de triagem e transbordo particular existentes no município de Belo Horizonte é possível avaliar, na Figura 5.30, a localização destas áreas em relação à propensão obtida a partir da aplicação da metodologia proposta.

Para todas as áreas em análise, o plano de informação correspondente aos lotes vagos indicou a inexistência lotes disponíveis, como era de se esperar uma vez que estas áreas estão ocupadas. Em relação ao plano de informação referente ao zoneamento de acordo com Legislação de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo (LPOUS), a ERE BR040 e ATT privada estão inseridas em áreas adequadas para tais atividades, sendo estas as Zonas de Grandes Equipamentos. A ERE Estoril localiza-se na Zona de Adensamento Restrito 2 sendo portanto considerada uma área desfavorável, devido a deficiência de infra-estrutura de articulação viária conforme definido pela LPOUS. A ERE Pampulha está inserida na Zona de Proteção 2 nas quais devem ser mantidos baixo índices de densidade demográfica, desfavorecendo sua localização.

No que tange às áreas de influência das vias, as áreas em análise se encontram entre 100 a 200 metros de vias de ligação regional ou arterial acima de 10 metros de largura, exceto a ERE BR040 que está localizada na área de influência de 400 a 500 metros. No entanto, esta é uma situação particular considerando que o acesso à ERE BR040 é pela rodovia BR040 e nesta mesma área está localizado o extinto aterro sanitário do município. Tal fato, apresenta-se como uma limitação do método utilizado. Tornando necessário um ajuste fino em função das particularidades das escalas e de cada área em relação aos resultados obtidos a partir da utilização desta metodologia.

Em relação ao plano de informação referente à renda da população do entorno das áreas em análise, a ERE Estoril e Pampulha estão inseridas na faixa de renda de peso 3 e a ERE BR040 e ATT privada, peso 2.

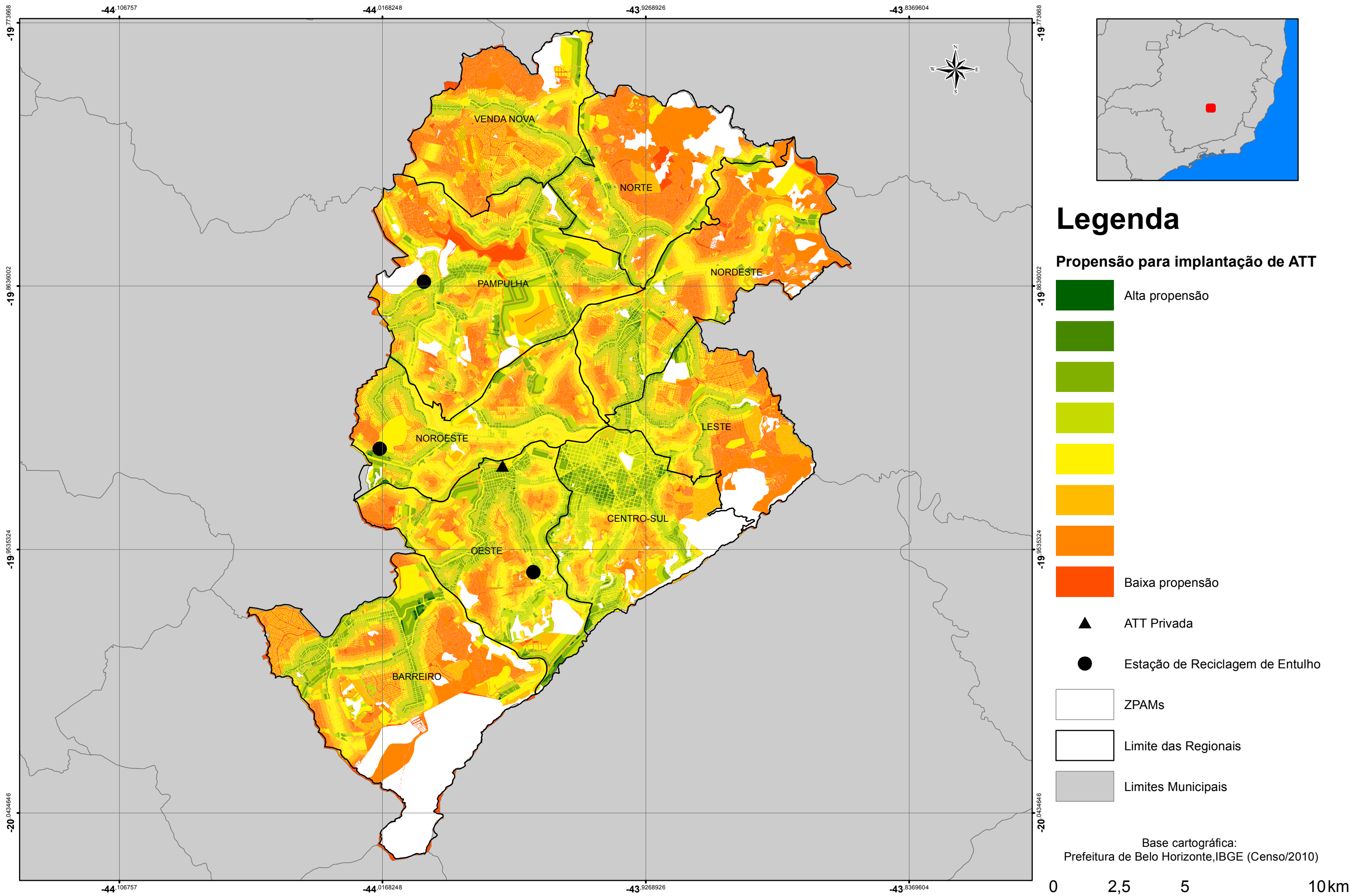


Figura 5.30: Localização das ERE e ATT em relação aos locais propensos obtidas a partir da aplicação da metodologia proposta

Sistema de Coordenadas Geográficas: GCS_SIRGAS_2000
 Datum: D_SIRGAS_2000
 Prime Meridian: Greenwich
 Angular Unit: Degree

De uma maneira geral, as ERE pública e a ATT privada localizam-se em áreas de média a alta propensão para implantação de ATT. A ERE Estoril destaca-se devido ao zoneamento que está inserida, conforme já discutido, limitando sua operação. Esta indicação é importante para avaliar a aplicação da metodologia uma vez que são áreas similares ao objeto de estudo. Além disso, como as áreas das ERE e ATT são ocupadas, o peso atribuído à disponibilidade de lotes prejudica a caracterização destas áreas como áreas de alta propensão para implantação de ATT. Em suma, esta é uma avaliação ilustrativa e caso tais áreas fossem inseridas como lotes vagos a propensão para implantação de uma ATT seria mais alta do que o apresentado.

A metodologia proposta apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Por ser uma metodologia expedita para indicação de locais propensos para instalação de ATT e utilizar poucas variáveis para análise, não foram utilizadas ferramentas sofisticadas. Dessa forma, os resultados obtidos devem ser ajustados em pesquisa de campo nas regiões indicadas pela aplicação da metodologia. Além disso, os resultados são extremamente dependentes da qualidade das bases de dados utilizadas. A base de informações de lotes não edificadas foram atualizadas em 2008, prejudicando a análise e tornando necessário a verificação das áreas inicialmente no software *Google Earth* e posteriormente em campo. O primeiro limite utilizado para a área de influência das vias de 0 a 100 metros e a eliminação de algumas vias da análise pode indicar como resultado áreas coincidentes com vias. No entanto, a metodologia não tem como objetivo indicar uma área específica para instalação de ATT e sim regiões de maior propensão baseadas nos parâmetros considerados. Adicionalmente, não foram considerados parâmetros como por exemplo a topografia, que pode restringir o acesso a veículos de carga, e pressão popular para implantação das ATT. No entanto, cabe ressaltar que áreas de triagem e transbordo são classificadas pela legislação como baixo potencial poluidor e que podem ser estruturas temporárias justificando a sua instalação em bairros residenciais. Além disso, destaca-se que tais áreas não precisam necessariamente ser compactadas, podendo ser alugadas uma vez que podem ser temporárias.

6 CONCLUSÕES

A proposta principal desta pesquisa foi dar apoio à tomada de decisões dos agentes públicos a partir do diagnóstico do gerenciamento dos RCC no município de Belo Horizonte, MG. Para tanto foram apresentadas informações básicas sobre o município, uma análise da geração dos RCC e uma análise histórica dos equipamentos públicos envolvidos no gerenciamento dos resíduos da construção e demolição. Além disso, com o intuito de aumentar a triagem e minimizar os custos envolvidos com o gerenciamento de RCC foi proposta uma metodologia para definição de locais propensos para instalação de área de triagem de transbordo de RCC.

Em se tratando das informações básicas sobre Belo Horizonte tem-se que o município apresenta um crescimento populacional contínuo, no entanto, ela se dá de maneira diferenciada nas regionais administrativas. Em relação ao saneamento ambiental, Belo Horizonte possui altos índices de atendimento da população para o abastecimento de água, coleta de esgoto e coleta de resíduos domiciliares. Tais índices demonstraram melhora ao longo dos anos e, assim como para o crescimento populacional, apresentam valores diferenciados entre as regionais administrativas. De uma forma geral, os dados apresentados para Belo Horizonte indicam que o município possui uma boa infra-estrutura para sua população acompanhando o desenvolvimento da mesma.

Em relação à análise de geração dos RCC, foram realizadas estimativas de geração de RCC por dois métodos. O primeiro método, no qual a estimativa é realizada a partir das áreas de baixa de construção, forneceu a geração para as atividades de construção licenciadas. O segundo método é uma estimativa a partir do monitoramento das áreas de destinação final dos RCC e foi possível realizá-lo a partir de dados fornecidos pelos Relatórios de Atividade de Limpeza Urbana. Detectou-se uma grande diferença entre as estimativas fornecidas pelos dois métodos devida, principalmente, às atividades construtivas informais, isto é, que não são registradas pela prefeitura. O segundo método se aproxima mais da realidade e apresentou, para o período de 2006 a 2011, valores de geração entre 1.561 e 3.744 toneladas diárias de RCC.

Em se tratando da avaliação da rede pública de gerenciamento de RCC no município de Belo Horizonte foram detectados pontos positivos e falhas.

Foi possível concluir que o município possui uma boa estrutura dedicada para o gerenciamento de resíduos da construção civil, de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002, no entanto a operação dessas estruturas necessita de uma maior atenção.

Os RCC possuem uma grande representatividade em relação aos resíduos sólidos recebidos pela prefeitura. No que tange à reciclagem, foi possível perceber que, apesar da boa estrutura fornecida pela prefeitura, há um baixo aproveitamento das instalações. De todo o RCC gerado no município apenas uma pequena parcela é encaminhada para as estações de reciclagem de entulho (ERE). Além disso, as ERE operam na maior parte do tempo abaixo da capacidade instalada. Vale destacar a pequena quantidade de rejeitos provenientes das ERE, demonstrando que papel dessas estruturas vem sendo cumprido. Estas recebem em sua maior parte resíduos da construção civil classe A, gerando baixa quantidade de resíduos, ou seja, materiais que não são classe A.

Além disso, a localização das ERE em relação à expansão imobiliária do município, demonstrada pelas áreas de baixa de construção, mostrou-se adequada em relação às regionais com maior expansão. Destacaram-se apenas a regional Centro-Sul que, apesar de elevada atividade construtiva, não possui ERE instalada e a ERE BR040 que teve sua instalação facilitada pela estrutura disponibilizada pelo antigo aterro sanitário do município.

No que tange às Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV), a partir das análises realizadas observou-se que estas estruturas não estão cumprindo seu papel de maneira completa. As unidades não se apresentam distribuídas de forma homogênea no município, havendo lugares com maior concentração de URPV em relação a outros locais. Tal fato influencia fortemente nas deposições irregulares.

Foi possível confirmar a maior utilização das URPV pela população renda baixa a partir de uma análise espacial. Houve um aumento na quantidade de resíduos recebidos pelas unidades ao longo dos anos, no entanto, há necessidade de melhorias quanto à eficiência das URPV. Ou seja, o percentual de RCC encaminhado para as URPV em relação aos outros resíduos recebidos pelas unidades deve ser otimizado, destacando algumas regionais em especial, efetivando o cumprimento do papel das URPV no gerenciamento dos resíduos da construção civil.

Além disso, a destinação dos resíduos provenientes das URPV são, em sua maioria, destinados à aterragem indicando que, embora as unidades sejam capazes de minimizar as deposições irregulares, elas não estão atuando na sua função de triagem do material recebido. A descentralização administrativa, atribuindo a responsabilidade de manutenção das URPV para as regionais administrativas, não se mostrou eficiente diante dos dados apresentados.

Quanto à metodologia para definição de áreas propensas para implantação de uma área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT) com

aplicação para o município de Belo Horizonte, pode-se considerar que foi satisfatória como método amplo e expedito. No entanto, tal metodologia apresenta algumas limitações. Outros critérios além dos adotados devem ser estabelecidos para seleção dos melhores locais de implantação. A metodologia propõe a indicação de regiões e não locais específicos. Para avaliação de locais específicos deve-se levar em consideração outras variáveis como topografia do terreno, rotas dos veículos, pressão da população etc. Além disso, a falta de atualização constante dos dados analisados reforçam a necessidade de validação em campo dos resultados obtidos. Com o intuito de minimizar este fator, foram geradas as imagens no *Google Earth*. Tal ação não elimina a necessidade de confirmação das informações em pesquisa de campo, mas minimiza os esforços necessário a medida em que direciona os estudos para áreas mais relevantes.

A metodologia utilizada permite a aplicação para qualquer região onde haja disponibilidade de dados e informações. De uma forma geral, os dados são de simples obtenção.

Por fim, pode-se concluir de uma maneira geral que a atuação dos agentes públicos no sentido de divulgar os equipamentos públicos existentes para o gerenciamento dos resíduos da construção civil a partir de programas de educação ambiental no município é uma importante ação para garantir o funcionamento almejados dessas unidades.

Sugere-se como trabalhos futuros relacionados ao tema dessa dissertação, as seguintes pesquisas:

- Análise qualitativa dos resíduos de construção e demolição de acordo com as classificações estabelecidas pela resolução CONAMA nº 307/2002;
- Pesquisa de campo para definição de pontos específicos para implantação de uma área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT) no município de Belo Horizonte;
- Consulta com os geradores de RCD a fim de determinar grau de cumprimento e comprometimento com a legislação e/ou o motivo do não cumprimento a fim de articular a geração com o gerenciamento dos RCD;
- Análise integrada do gerenciamento de RCD nos municípios da região metropolitana de Belo Horizonte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAT. Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos. 2011

ABRAMAT. Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos. 2012

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

ANEPAC. Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. Anuário ANEPAC 2011: Guia de Fornecedores/Catálogo de Produtores. São Paulo, 2011.

ANGULO, S. C. MIRANDA, L. F. R. 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.

ANGULO, S. C. TEIXEIRA, C. E. CASTRO, A. L. NOGUEIRA, T. P. *Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação*. *Revista de Engenharia Sanitária Ambiental*, v.16, n.3, p. 299-306, Jul/set 2011.

ANGULO, S.C.; COSTA, L.N.S.; ALMEIDA, S.L.M.; LIMA, F.M.R.S.; CHAVES, A.P.; JOHN, V.M.. *Crítérios de classificação do resíduo de construção e demolição em área de triagem e reciclagem na cidade de Macaé*. XXII ENTMME / VII MSHMT.Ouro Preto-MG, novembro 2007., Volume II, pg. 657, 2007.

BARATTO, D. S. 2009. *Diagnóstico do gerenciamento dos Resíduos Sólidos nos município da Quarta Colonia do RS*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). 2009. 173 p.

BELO HORIZONTE. Deliberação Normativa n.º 72, de 11 de abril de 2012.

BELO HORIZONTE. Lei nº 10.522, de 24 de agosto de 2012.

BELO HORIZONTE. PREFEITURA MUNICIPAL. SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA - SLU. Relatório Anual de Atividades. Belo Horizonte: 2001 – 2011.

BODI, J. Experiência Brasileira com Entulho Reciclado na Pavimentação. In: *RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL*, 29., São Paulo, 1997. Anais... São Paulo: Núcleo de Desenvolvimento de Pesquisas POLI /UPE, 1997. p. 56-63.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

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

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. Déficit habitacional no Brasil 2008 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação. – Brasília, Ministério das Cidades, 2011. 140 p. Elaboração: Fundação João Pinheiro, Centro de Estatística e Informações. ISBN: 978-85-7958-019-2

CÂMARA, G.; MONTEIRO, M. A. V.; MEDEIROS, S. J. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível em: <http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/paginadeacesso.html>. Acesso em: 12 nov. 2012.

CARNEIRO, F. P. *Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife*. João Pessoa, 2005. 131 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. CT. Engenharia Urbana, 2005.

CHUNG, S., LO, C. W. H. Evaluating sustainability in waste management: the case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling*. 2002.

CÓRDOBA, E. R. Estudo do Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção e Demolição no município de São Carlos – SP. 2010. 372p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CUNHA, N. A. *Resíduos da construção civil Análise de usinas de reciclagem*. 2007. 187 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. 2007.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. A construção do desenvolvimento sustentado: A importância da construção na vida econômica e social do país. São Paulo, agosto de 2006.

FIESP. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Competitividade Sustentável. Brasil 2022: Planejar, Construir, Crescer. ConstruBusiness 10º Congresso Brasileiro da Construção. Brasil. 2012.

FIUZA, S. M.; PEDERZOLI, A.; CASTRO E SILVA; M. E. Programa de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil de Belo Horizonte: Avaliação de 10 anos de Experiência. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: 2007.

FUKUROZAKI, S. H. SEO, E. S. M. Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil no município de São Paulo: a atuação das áreas de transbordo e triagem. III-086. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2004.

HUNGARI, R. *Distribuição espacial dos equipamentos turísticos como subsídio para indicação de locais ótimos para a construção de um centro de convenções em Belo Horizonte – MG*. 2009. 138 p. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.com.br/cidadesat/link.php?codmun=310620> >. Acesso em junho de 2012.

JADOVSKI, I. 2005. *Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição*. 2005. 180 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre: 2005.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. *Reciclagem de resíduos da construção*. In: Seminário reciclagem de resíduos sólidos domiciliares. 2000. São Paulo.

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

LEITE, M. B. *Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. 2001. 290 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.

LEVY, S. M. *Reciclagem do Entulho de Construção Civil para Utilização como Agregado de Argamassas e Concretos*. São Paulo, 1997. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

LIMA, J. C. F.; IGNACIO, P. S. A.; RUTKOWSKI, E. W. Rede de Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos: Um Estudo de Localização para Estação de Transferência. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Brasil. s/d

MARCONDES, F. C. S. *Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil – estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado*. 2007. 364 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

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

MARQUES NETO, J. C. *Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica de Turvo Grande*. 2009. 581 p. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.

MARQUES NETO, J. C. SCHALCH, V. Diagnóstico Ambiental para Gestão Sustentável dos Resíduos de Construção e Demolição. In: XII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Portugal, Figueira da Foz, 2006.

MENEGHETTI OLIVEIRA, Daniele. 2008. *Desenvolvimento de ferramenta para apoio à gestão de resíduos de construção e demolição com uso de geoprocessamento: caso Bauru – SP*. 2008. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2008.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 155, de 25 de agosto de 2010.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 9 de setembro de 2004.

MINAS GERAIS. Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. 2011. Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, Brasil, 2011.

MONTEIRO, J. H. P. *et al. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

MORAIS, G. M. D. 2006. *Diagnóstico da deposição clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável*. 2006. 201p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

NUNES, K. R. A. *Avaliação de Investimentos e de Desempenho de Centrais de Reciclagem para Resíduos Sólidos de Construção e Demolição*. 2004. 276 p. Tese (Doutorado, COPPE/UFRJ, Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2004.

ORNELAS, Adílio Rodrigues. *Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos*. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2011.

PALIARI, J. C. *Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios*. 1999. 473p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

PBH - PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Estudos urbanos: Belo Horizonte 2008: transformações recentes na estrutura urbana/ Coordenação: Maria Fernandes Caldas, Jupira Gomes de Mendonça, Lélío Nogueira do Carmo. – Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2008.

PBH - PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte – 2008/2011. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte/Secretaria Municipal de Políticas Urbanas/Superintendência de Desenvolvimento da Capital, 2010. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/comusa/VolumeI_Texto.pdf>. Acesso em julho de 2012.

PINTO T. P.; GONZÁLEZ, J. L. R. (Coord) Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. 196 p., v. 1, Brasília, DF: Caixa Econômica Federal, 2005. ISBN: 85-86836-04-4

PINTO, T. P. *Utilização de resíduos de construção: estudo do uso em argamassas*. 1986. 148p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986.

PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. 1999. 209 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P. P. Utilização de Resíduos de Construção: estudo do uso em argamassas. São Paulo, 1986. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986.

SNSA. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2010. Programa de Modernização do Setor Saneamento Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2008. – Brasília: MCIDADES. SNSA, 2010. 264 p.

PUCCI, R. B. *Logística de resíduos da construção civil atendendo a resolução CONAMA 307*. 2006. 137 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RIBEIRO NETO, José Vilalva. *Banco de dados georreferenciado para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos (AS-RSU) no Estado da Bahia*. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 2009.

SCHNEIDER, Dan Moche. *Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo*. 2003. 115 p. Dissertação (Mestrado – Faculdade de Saúde Pública) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2003.

SCOTT HOOD, R. S. *Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação*. 2006. 150 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2006.

SIMÕES, Carla Araújo. *Estudo da rede de gerenciamento de pequenos volumes de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: uma análise espacial com o apoio do Geoprocessamento*. 2011. 118 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2011.

SINDUSCON – SP. Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: a experiência do Sinduscon – SP. Tarcísio de Paulo Pinto – coordenador. São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon - SP, 2005.

SINDUSCON-MG. 2008. Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Belo Horizonte : s.n., 2008. 3ª ed., p. 72.

TYAN, J. C.; WANG, F.; DU, T. C. An Evaluation of Freight Consolidation Policies in Global Third Party Logistics. *International Journal of Management Science*. Outubro de 2002.

US EPA. (2001). *Waste Transfer Stations: A Manual for Decision Making*. EPA530-K-01-005. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington.

ZORDAN, S. E. *A Utilização do Entulho como Agregado, na Confecção do Concreto*. Campinas, 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.