

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E DE MATERIAIS**

RÉGIS PEREIRA WASKOW

**ASTM D5231 APLICADA À CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO
GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. ESTUDO DE
CASO: Novo Hamburgo, RS**

**Porto Alegre
2015**

RÉGIS PEREIRA WASKOW

**ASTM D5231 APLICADA À CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO
GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. ESTUDO DE
CASO: Novo Hamburgo, RS**

**Dissertação submetida ao
Programa de Pós Graduação em
Engenharia de Minas, Metalúrgica
e de Materiais da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul,
como requisito à obtenção do
título de Mestre em Engenharia na
modalidade acadêmica.**

Orientadora: Prof^a Dr^a Rejane Maria Candiota Tubino

**Área de concentração:
Tecnologia Mineral, Ambiental e Metalurgia Extrativa**

**Porto Alegre
2015**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretor: Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Vice-Diretora: Carla Ten Caten

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALÚRGICA E DE MATERIAIS (PPGE3M)

Coordenador: Telmo Roberto Strohaecker

Coordenador substituto: Carlos Pérez Bergmann

Waskow, Régis Pereira

ASTM D5231 Aplicada à Caracterização da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos. Estudo de Caso: Novo Hamburgo, RS / Régis Pereira Waskow. -- 2015. 122 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

Orientadora: Rejane Maria Candiota Tubino.

1. Resíduos Sólidos Urbanos. 2. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 3. Composição Gravimétrica. 4. ASTM D5231. I. Tubino, Rejane Maria Candiota, orient. II. Título.

RÉGIS PEREIRA WASKOW

**ASTM D5231 APLICADA À CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO
GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. ESTUDO DE
CASO: Novo Hamburgo, RS**

Esta dissertação foi analisada e julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, na modalidade acadêmica, e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Rejane Maria Candiota Tubino

Telmo Roberto Strohaecker

Aprovada em: 13/02/2015
BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Eunice Maria Vigânico
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof^o. Dr. Rubens Müller Kautzmann
Centro Universitário La Salle (UNILASALLE)
Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)

Prof^a. Dr^a. Ruth Marlene Campomanes Santana
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Dedico este trabalho aos meus avôs,
que sempre estarão presentes em
meu coração e em minhas boas
lembranças.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M) pela oportunidade de aprendizado.

À orientadora pelas horas dedicadas ao longo do mestrado e especialmente ao desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES pelo auxílio fornecido através da bolsa de mestrado.

Aos familiares pelo apoio incondicional durante toda a minha jornada acadêmica.

RESUMO

O presente trabalho avaliou a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do município de Novo Hamburgo-RS. Foram realizadas 10 amostragens de diferentes setores de coleta ao longo dos meses de março e abril de 2014. Juntamente com a análise da composição gravimétrica foi avaliada a densidade dos RSU de Novo Hamburgo. No mesmo período foram realizadas amostragens da saída das esteiras de triagem da central de transbordo do município, com um total de 5 amostras. Os procedimentos amostrais seguiram a norma americana ASTM D5231/2008. A composição gravimétrica obtida para os RSU corresponde em: 57,13% matéria orgânica; 14,82% plástico; 12,69% papel; 4,34 têxtil; 1,62% metais ferrosos; 0,69% borracha; 0,49% metais não ferrosos; 0,40% couro; 0,35% madeira e 3,86% outros. O valor médio para a densidade do RSU encontrado foi de 173 kg/m³. Alguns resíduos encontrados como eletroeletrônicos, pilhas e baterias, embalagens contaminadas com óleo, alguns resíduos sólidos industriais (RSI) e outros, não deveriam ser destinados junto aos RSU. A maior fração da matéria orgânica era esperada visto que este comportamento é identificado na composição gravimétrica média dos RSU do Brasil. Os resultados demonstram um potencial para implantação do processo de compostagem pelo alto potencial de resíduos orgânicos, sendo necessário mais análises para garantir a qualidade e aplicabilidade do composto. O descarte inadequado de resíduos orgânicos e recicláveis juntos inviabiliza a reciclagem, aumentando as quantidades destinadas ao aterro sanitário. A composição gravimétrica obtida para a saída das esteiras de triagem corresponde em: 81,60% matéria orgânica; 8,63% plástico; 2,89% papel; 1,66 têxtil; 0,58% borracha; 0,52% metais ferrosos; 0,37% metais não ferrosos; 0,35% madeira; 0,23% couro e 1,81% outros. Foi identificada uma grande presença de materiais recicláveis na saída das esteiras de triagem. Ações foram propostas para aumentar a eficiência do processo de triagem e melhorar o aproveitamento dos recicláveis. Políticas públicas foram sugeridas visando à melhoria dos processos de gestão dos RSU do município. Os resultados obtidos são representativos para o período avaliado, sendo passíveis de alteração quando de amostragem em outros períodos.

Palavras chave: Resíduos sólidos urbanos; Composição gravimétrica; Política Nacional de Resíduos Sólidos; ASTM D5231.

ABSTRACT

The purpose of this paper is evaluate the gravimetric composition of Municipal Solid Waste (MSW) of Novo Hamburgo - RS. Ten samples were collected in different areas between March to April 2014 according to ASTM D5231/2008. Simultaneously were evaluated the MSW density and the materials collection after sorting followed the ASTM D5231/2008. The gravimetric composition of MSW consists in 57,13% of organic matter; 14,82% of plastic; 12,69% of paper; 4,34% of textile; 1,62% of ferrous metals; 0,69% of rubber; 0,49% of non ferrous metals; 0,40% of leather; 0,35% of wood and 3,86% of others. The MSW density were 173 kg/m³. Some residues as electronics, batteries, oil contaminated packaging and some industrial solid waste should not be disposed as MSW. A larger fraction of organic matter was expected as shown in the most Brazilian analyzed papers since that behavior is known about the gravimetric average composition of MSW in Brazil. The results demonstrate the potential implementation of the composting process considering the amount of organics, requiring further analysis to ensure the quality and applicability of the produced compounds. The inappropriate disposal of organic matter and recyclables together turn unfeasible the recycling. The gravimetric composition of material after sorting consists in: 81,60% of organic matter; 8,63% of plastic; 2,89% of paper; 1,66 of textile; 0,58% of rubber; 0,52% of ferrous metals; 0,37% of non ferrous metals; 0,35% of wood; 0,23% of leather e 1,81% of others. Amounts of recyclables was identified after sorting and based on this evidence actions were proposed to increase the sorting process efficiency and improve the recycling. Public policies were recommended to enhance the MSW management. The results are representative considering this measuring period, which could change if realized in another periods.

Key words: Municipal Solid Waste; Gravimetric composition; National solid waste policy; ASTM D5231.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição gravimétrica de 105 países classificados por renda, segundo o <i>World Bank</i>	26
Figura 2 – Composição gravimétrica média mundial dos RSU.....	26
Figura 3 - Composição gravimétrica dos RSU na América Latina e Caribe.....	28
Figura 4 – Composição gravimétrica dos RSU no Brasil, segundo a CETESB	29
Figura 5 – Composição gravimétrica dos RSU no Brasil, segundo o IBGE	29
Figura 6 – Participação dos principais RSU coletados no Brasil em 2012, segundo a ABRELPE	30
Figura 7 – Formas de disposição de RSU no Brasil em 2008	36
Figura 8 – Disposição final dos RSU coletados no Brasil em 2011 e 2012 respectivamente	36
Figura 9 – Foto do ‘lixão’ da Estrutural no Distrito Federal.....	38
Figura 10 – Esquema simplificado de um aterro sanitário	42
Figura 11 – Localização do município de Novo Hamburgo-RS	61
Figura 12 – Localização do galpão de triagem no bairro Roselândia, Novo Hamburgo-RS	65
Figura 13 – Localização espacial dos bairros amostrados	67
Figura 14 - Composição gravimétrica média obtida para o município de Novo Hamburgo - RS.....	73
Figura 15 - Composição gravimétrica disponível pelo PROSINOS para o município de Novo Hamburgo - RS.....	74
Figura 16 - Composição gravimétrica do RSU para o setor 2 (Centro:Guarani).....	77
Figura 17 - Composição gravimétrica dos resíduos do galpão de reciclagem do Centro	78
Figura 18 – Bairros que compõem os setores com mais de 60% de matéria orgânica na composição gravimétrica dos RSU	79
Figura 19 – Classificação socioeconômica dos bairros de Novo Hamburgo	80
Figura 20 - Composição Gravimétrica do RSU para o setor 19 (Lomba Grande).....	81
Figura 21 – Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos orgânicos e das demais classes na zona urbana do município.....	82
Figura 22 - Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos orgânicos e das demais classes na zona rural do município.....	82

Figura 23 – Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos recicláveis e das demais classes na zona urbana do município.....	84
Figura 24 – Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos recicláveis e das demais classes na zona rural do município.....	85
Figura 25 – Localização espacial dos bairros com maiores valores de densidade.....	92
Figura 26 - Composição gravimétrica média da saída das esteiras de triagem.....	96
Figura 27 – Potencial incremento na renda da cooperativa de reciclagem da central de transbordo do município de Novo Hamburgo.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores passíveis de serem utilizados para a gestão de resíduos sólidos	19
Tabela 2 – Tipos de resíduos que compõem cada classe da composição gravimétrica	27
Tabela 3 – Análises necessárias para etapas da gestão de resíduos sólidos	30
Tabela 4 - Elementos da coleta seletiva no Brasil.....	43
Tabela 5 – Capacidade de catação manual e eficiência de recuperação	43
Tabela 6 – Dimensionamento de pessoal nas cooperativas.....	44
Tabela 7 – Número de catadores a cada 10.000 habitantes em alguns países da América Latina e Caribe	44
Tabela 8 – Estimativa de recursos recuperáveis nos resíduos brasileiros.....	45
Tabela 9 – Total reciclado e faturamento de duas cooperativas do Vale dos Sinos em 2013	45
Tabela 10 – Principais resíduos que compõem as categorias sugeridas por Tchobanoglous e Kreith.....	55
Tabela 11 – Autores que utilizaram da ATSM D5231 para a caracterização dos RSU	57
Tabela 12 – Autores que utilizaram da NBR 10007 para a caracterização dos RSU ..	58
Tabela 13 – Divisão da população do município de Novo Hamburgo.	62
Tabela 14 – Lista dos setores de coleta do município de Novo Hamburgo	63
Tabela 15 – Datas e turnos das amostragens dos resíduos sólidos urbanos de Novo Hamburgo.....	64
Tabela 16 – Bairros que compõe cada setor amostrado e sua classificação socioeconômica segundo a UNEP	66
Tabela 17 – Folha de Dados de Composição de RSU de Novo Hamburgo	70
Tabela 18 – Tipos de material considerados dentro de cada classe de resíduos considerada	70
Tabela 19 – Compilação dos resultados obtidos para cada setor amostrado.....	72
Tabela 20– Composição gravimétrica (%) dos municípios vizinhos de Novo Hamburgo	75
Tabela 21 – Valores (%) encontrados por Lazzari (2010) para o RSU de Novo Hamburgo.....	76
Tabela 22 – Frações de resíduos recicláveis por setor	83

Tabela 23 – Principais indústrias destinadoras de RSI junto ao RSU	87
Tabela 24 – Perfil das indústrias destinadoras de RSI junto ao RSU	87
Tabela 25 – Resíduos industriais declarados como destinados juntos ao RSU do município em 2013	87
Tabela 26 – Densidade dos RSU amostrados em Novo Hamburgo-RS.....	90
Tabela 27 – Dados da estação meteorológica mais próxima do município no período amostrado.....	91
Tabela 28 – Parâmetros estatísticos dos RSU amostrados em Novo Hamburgo (%) .	93
Tabela 29 – Comparação das estatísticas obtidas para Novo Hamburgo com o MMA94	
Tabela 30 – Resultados da composição das amostragens realizadas na saída das esteiras de triagem (%).....	95
Tabela 31 – Comparação da composição gravimétrica média (%) dos setores com a saída das esteiras de triagem de RSU.....	96
Tabela 32 – Potencial incremento na renda da cooperativa de Novo Hamburgo a partir da melhor eficiência da triagem	98

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COOLABORE	Cooperativa de Construção Civil e Limpeza Urbana
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agência Ambiental Norte Americana)
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Henrique Roessler
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSW	<i>Municipal Solid Waste</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OACA	<i>Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental</i> (organização peruana)
OPS	Organização Panamericana de Saúde
PCI	Poder calorífico inferior
PCS	Poder calorífico superior
PEAD	Polietileno de Alta Densidade

PET	Polietileno Tereftalato
pH	Potencial hidrogeniônico
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PROSINOS	Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
PVC	Policloreto de Vinila
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
RECESA	Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
RNA	Redes Neurais Artificiais
RSI	Resíduo Sólido Industrial
RSS	Resíduo de Serviço de Saúde
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SINIR	Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNISA	Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Nacional de Atenção à Sanidade Agropecuária
UNEP	<i>United Nations Environmental Programme</i> (Programa Ambiental das Nações Unidas)

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Pilha de resíduos disposta para amostragem	68
Foto 2 - Quarteamento de Amostra.....	69
Foto 3 - Segregação por tipo de resíduo.....	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	<i>Justificativa</i>	22
1.2	<i>Objetivo geral</i>	22
1.3	<i>Objetivos específicos</i>	23
1.4	<i>Estrutura do trabalho</i>	23
2	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	25
2.1	<i>Resíduos sólidos urbanos no mundo</i>	25
2.2	<i>Resíduos sólidos urbanos no Brasil</i>	28
2.3	<i>Características físicas, químicas e biológicas dos RSU</i>	30
2.3.1	Características físicas:	31
2.3.2	Características químicas:	32
2.3.3	Características biológicas:	34
2.4	<i>Formas de disposição dos resíduos sólidos</i>	34
2.4.1	Lixões	37
2.4.2	Aterros controlados	39
2.4.3	Aterros sanitários	40
2.5	<i>A reciclagem e o papel das cooperativas</i>	42
2.6	<i>Requisitos legais</i>	46
2.6.1	Política Nacional de Meio Ambiente	46
2.6.2	Lei Federal de Saneamento Básico.....	48
2.6.3	Política Nacional de Resíduos Sólidos	49
2.7	<i>Composição gravimétrica</i>	52
2.7.1	Metodologias de avaliação da composição gravimétrica	55
2.7.1.1	ASTM D5231/2008 – <i>Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste</i>	56
2.7.1.2	NBR 10007 – Amostragem de resíduos sólidos	57
2.7.1.3	Outras técnicas de amostragens.....	58
3	MATERIAIS E MÉTODOS	61
3.1	<i>Área de estudo</i>	61
3.2	<i>Procedimentos amostrais</i>	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	72

4.1	<i>Composição gravimétrica média dos RSU de Novo Hamburgo.....</i>	<i>72</i>
4.1.1	Matéria orgânica	77
4.1.2	Resíduos recicláveis	83
4.1.3	Resíduos sólidos industriais.....	86
4.1.4	Demais classes de resíduos	88
4.2	<i>Densidade dos RSU de Novo Hamburgo.....</i>	<i>90</i>
4.3	<i>Tratamento estatístico dos RSU de Novo Hamburgo.....</i>	<i>93</i>
4.4	<i>Eficiência do processo de triagem dos RSU.....</i>	<i>95</i>
4.5	<i>Sugestões de políticas públicas</i>	<i>101</i>
5	CONCLUSÕES.....	104
6	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	106
	REFERÊNCIAS.....	108
	GLOSSÁRIO.....	118
	APÊNDICE A – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 1	121
	APÊNDICE B – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 2	122
	APÊNDICE C – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 8	123
	APÊNDICE D – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 9	124
	APÊNDICE E – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 10	125
	APÊNDICE F – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 13	126
	APÊNDICE G – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 15	127
	APÊNDICE H – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 17	128
	APÊNDICE I – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 18	129
	APÊNDICE J – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 19	130

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos estão presentes em todas as atividades antrópicas, em maior ou menor quantidade, variando em sua composição de acordo com sua origem. Resíduo sólido, conforme define a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu Artigo 3º, refere-se a:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010a).

Os resíduos sólidos podem ter diferentes origens, como, industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ABNT, 2004a), ou ainda, de serviços públicos de saneamento básico, construção civil, agrossilvopastoril, serviços e transportes e mineração (Brasil, 2010a). Assim como a origem, existem outros fatores que influenciam nas quantidades e características dos resíduos gerados. Para Yildiz *et. al.* (2012) a quantidade e as características dos resíduos sólidos variam entre países, regiões dentro do mesmo país, e ainda podem variar entre bairros dentro de uma mesma cidade.

A PNRS (Brasil, 2010a) voltou a atenção da administração pública para a adequada gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), definidos mundialmente como *Municipal Solid Waste* (MSW). No livro *Handbook of solid waste management*, Tchobanoglous e Kreith (2002) definem os RSU como aqueles que incluem resíduos de origem residencial, comercial (materiais de escritório, *shopping centers*, armazéns, hotéis, aeroportos e restaurantes), institucional (escolas, instalações médicas e prisões) e algumas fontes

industriais (embalagens de componentes, refeitório, banheiro) excluídos os de origens em seus processos. Worrell e Vesilind (2012) são mais específicos definindo como RSU os resíduos domésticos misturados, recicláveis (jornais, latas de alumínio, embalagens cartonadas, entre outros), resíduos domésticos perigosos, resíduo comercial, resíduo de jardinagem, resíduos de coletores públicos, resíduos volumosos (refrigeradores, tapetes, entre outros), e resíduos de construção e demolição (RCD).

Dentre os instrumentos definidos para a aplicação da PNRS (Brasil, 2010a) estão os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), os quais devem conter em seu conteúdo mínimo o diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos. Para a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012) os planos surgem como um formato estruturado, consolidado e organizado de uma nova estratégia precisa a ser desenvolvida na gestão de resíduos, que aperfeiçoa o maior aproveitamento dos recursos existentes naquilo que se descarta e que em geral as pessoas se referem como 'lixo'.

A gestão integrada dos resíduos sólidos é definida como um dos objetivos da PNRS. Para Barros (2012), ao se desenhar uma proposta de gestão, há vários indicadores de desempenho que, devidamente apropriados, fornecem elementos para um acompanhamento que propicie uma execução eficiente dos serviços. A Tabela 1 apresenta alguns indicadores que poderão ser aplicados pelos responsáveis pela gestão de RSU.

Tabela 1 – Indicadores passíveis de serem utilizados para a gestão de resíduos sólidos

Elementos	Unidade	Descrição
Medidas de produtividade	Tonelada coletada / (veículo x turno)	Quantas toneladas cada veículo (ou grupo) coleta por turno [varia de 4 a 8 t/viagem, 2 viagens/turno (com caminhões compactadores de 10 a 15 m³)]
	km coleta / (veículo x turno)	Quantos quilômetros de coleta cada veículo (ou grupo) percorre por turno
Indicadores de eficiência profissional	Velocidade média de coleta	Média em km/h ou m³/h
	km coleta / (km de coleta + transporte)	Razão entre distância percorrida na coleta e distância percorrida na coleta + transporte até estação de transferência ou disposição final, ida e volta [pode ser relação tempo de coleta / tempo (de coleta + de transporte)]
	km coleta / km total	Semelhante ao anterior, considerado o percurso da garagem até o local da coleta, ida e volta (pode ser tempo de coleta / tempo total)
	Tonelagem coletada / capacidade	Relação entre quantidade coletada pelo(s) veículo(s) e sua(s) capacidade(s), para determinado número de viagens. Num pré-dimensionamento, utiliza-se um coeficiente de 0,7
Utilização de mão de obra	Coletores / população atendida	Quantos funcionários (operacionais ou administrativos) há nos serviços de limpeza, para cada grupo de habitantes
	Tonelagem coletada / (turno x coletor)	Peso dos resíduos sólidos coletados por cada coletor (com turno de 8 horas: valores entre 2 e 5 t para América Latina e entre 5 e 8 t para EUA)
	Mão de obra direta / mão de obra indireta	Relação entre número de funcionários empregados diretamente na coleta e número de funcionários administrativos e de apoio
Manutenção	Quilometragem média entre quebras	Relacionada à eficiência de manutenção preventiva e à idade do(s) veículo(s)
	Veículo disponível / frota	Relacionada à eficiência geral da manutenção
Indicadores de qualidade	População atendida / população total	Ideal: atender 100%
	Regularidade	Relação entre coletas feitas no período e total de coletas planejadas
	Frequência	Quantas vezes é executado o serviço num período (3 vezes / semana para resíduos domésticos, 1 vez/dia para RSS, etc)
Nível de segurança	km média entre acidentes com veículos	Grau de segurança na condução do(s) veículo(s)
	Tempo médio entre acidentes com pessoal	Medida de segurança da coleta

Fonte: IPT (2000)

O diagnóstico dos resíduos deve conter a origem, o volume, as formas de destinação e disposição final adotada e principalmente a caracterização dos resíduos (Brasil, 2010a) que se dará através de estudos das suas características físicas, químicas e biológicas. Uma das características mais estudadas dos resíduos sólidos, juntamente com a quantidade, é a composição gravimétrica. Para Tchobanoglous e Kreith (2002), a importância do conhecimento da quantidade e composição dos resíduos sólidos para a elaboração dos PMGIRS se dá pelo fato de não haver sub ou super dimensionamentos de recursos devido a erros destes parâmetros. Já no final dos anos 90 a análise de alguns estudos revelaram que ainda subsistiam uma

séria carência de informações sobre as completas características dos RSU no Brasil (Pinto, 1999). A porcentagem e peso de cada componente que compõe os resíduos sólidos são dados importantes para elaboração de programas de redução da geração e reciclagem (Zeng *et. al.* 2005) além do auxílio na estruturação e execução de programas de gestão de RSU (Yildiz *et. al.*, 2012).

O fomento à reciclagem dos resíduos torna-se uma das alternativas para a redução dos materiais dispostos em aterros. Frente ao que dispõe a PNRS (Brasil, 2010a), somente é permitida a disposição final de rejeitos, tornando a implantação de usinas de triagem e compostagem uma das principais ações governamentais para atender a esta exigência legal. Segundo a PNRS (Brasil, 2010a) é considerado rejeito:

[...] resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a).

A crescente implantação de centrais de triagem pelos municípios é destacada pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA, 2012) como uma alternativa na redução da destinação de materiais para aterros e consequente aumento da reciclagem. Segundo Barros (2012), muitas vezes existe a possibilidade da implantação destas centrais junto às estações de transbordo, dentro de condições operacionais, sanitárias e de custos viáveis. Este mesmo autor destaca a importância da utilização de usinas de triagem e compostagem por países em desenvolvimento. Nesta usinas deve-se proceder à triagem de materiais com potencial de reciclagem, compostando a fração orgânica, sendo destinado a aterros sanitários somente o material restante (rejeito). Normalmente os recursos humanos responsáveis pelas atividades de segregação de materiais recicláveis nas usinas de triagem e compostagem são oriundos de cooperativas de reciclagem. Esta atividade vem ganhando força legalmente através de auxílio em seu desenvolvimento e isenção de processo

licitatório (Brasil 1993; Brasil, 2010a). Além das vantagens legais a que a implantação das usinas de triagem e compostagem resultam, ou irão resultar, para o setor público, esta atividade ainda está diretamente relacionada com o chamado 'tripé da sustentabilidade'. Conforme Santos (2012):

Considerando as três dimensões da sustentabilidade, no tocante à cooperativa de materiais recicláveis, existe uma relação de equidade social pelo fato de muitas pessoas sobreviverem do 'reaproveitamento' do lixo produzido nas cidades, ou seja, o reaproveitamento é também uma questão econômica já que a reciclagem desses resíduos é uma fonte de renda para o catador/cooperado. Por outro lado, há implicações no equilíbrio ambiental devido à minimização dos resíduos em locais inadequados que causam fortes impactos no ambiente. Portanto o tratamento correto dos resíduos sólidos em uma localidade contribuirá positivamente para a sustentabilidade da mesma de modo a diminuir significativamente os problemas ambientais decorrentes do acúmulo dos resíduos sólidos urbanos (SANTOS, 2012, p. 82).

Portanto, os benefícios não são sentidos só pela esfera pública que deixa de gastar grande quantia de recursos financeiros na destinação de RSU para aterros e reduz seu passivo ambiental, mas também por uma parcela de trabalhadores (catadores) que a partir deste tipo de iniciativa ampliam sua renda e desenvolvem-se socialmente (Souza et. al., 2012; Santos, 2012; IBAM, 2001).

A educação ambiental deve ser considerada na elaboração dos PMGIRS (Brasil, 2010a). A correta segregação dos RSU na fonte da geração, por exemplo, viabilizaria a reciclagem de uma quantidade ainda maior de materiais, que devido à presença de umidade e contaminação, em grande parte por matéria orgânica, não são passíveis de reciclagem (Worrell e Vesilind, 2012). Entre os programas de educação ambiental que obtiveram sucesso destacados pela CETESB (Barros, 2012), o programa 'Lixo Mínimo', implantado no estado de São Paulo, tornou-se uma ferramenta auxiliar ao incentivo à reciclagem, ainda desenvolvendo ações voltadas à redução da geração de resíduos e consequente redução da destinação para aterros sanitários.

1.1 JUSTIFICATIVA

A aplicação da PNRS (Brasil, 2010a) exige a elaboração dos PMGIRS, instrumento que terá como conteúdo mínimo o diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos da região de escopo. O diagnóstico se dará através da realização da caracterização da composição gravimétrica dos resíduos sólidos, entre outros parâmetros a serem avaliados. Porém, não é exigido pela PNRS ou indicado pelo Manual de Orientação para a Elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos (MMA, 2012), norma de referência a ser seguida para a caracterização da composição gravimétrica.

Frente às metodologias de referências atualmente utilizadas no Brasil, como NBR 10007 (ABNT, 2004b) e ASTM D5231 (2008), e outras não referenciadas, como garantir que os resultados são representativos? As metodologias não referenciadas, assim como a NBR 10007 (ABNT, 2004), não especificam as quantidades de resíduos necessários para que não hajam interferências nos resultados amostrados. A ASTM D5231 (2008) determina a utilização de amostras entre 91 e 136 kg, definida como a porção necessária para representar a massa total dos resíduos amostrados. Além disso, a norma ASTM D5231 é específica para a amostragem de RSU, diferindo do caráter genérico que possui a NBR 10007 (ABNT, 2004).

1.2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho objetivou realizar o diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do município de Novo Hamburgo-RS, visando obter a composição gravimétrica dos resíduos sólidos amostrados.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar a metodologia da norma ASTM D5231 (2008) na avaliação da composição gravimétrica dos RSU do município de Novo Hamburgo – RS.
- Determinar a densidade dos RSU amostrados.
- Identificar as vantagens e desvantagens da aplicação da metodologia ASTM D5231.
- Avaliar a eficiência da triagem dos RSU pré destinação ao aterro sanitário, na estação de transbordo de Novo Hamburgo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1, INTRODUÇÃO, descreve o estado da arte em termos de gestão de resíduos sólidos. São abordados assuntos desde a geração dos RSU, composição gravimétrica e as principais influências que afetam este parâmetro. Ainda, são abordadas questões referentes a exigências da PNRS quanto à gestão de RSU, principalmente a elaboração dos PMGIRS, além da importância das cooperativas na gestão dos resíduos com as questões de sustentabilidade.

O capítulo 2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS trata da geração de RSU no mundo, América Latina e Caribe e no Brasil. Discute-se ainda as influências que podem alterar as quantidades geradas e a composição gravimétrica dos resíduos. São apresentadas as características físicas, químicas e biológicas e as principais formas de disposição final dos RSU. Em seguida são debatidas as principais legislações ambientais, e seus benefícios na gestão dos RSU, a Lei Federal 6.938 de 31 de agosto de 1981 que define a Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Brasil, 1981), a Lei Federal 11.445 de 5 de janeiro de 2007 (Brasil, 2007) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei Federal 12.305 de 2010 (Brasil, 2010a). Ao final são explanadas as principais

metodologias de caracterização da composição gravimétrica dos RSU, foco principal deste trabalho.

No capítulo 3 MATERIAIS E MÉTODOS são definidos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do estudo. Inicialmente caracterizando-se a área de estudo (município de Novo Hamburgo), seguido da definição dos procedimentos amostrais adotados.

No capítulo 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES são apresentados os resultados do trabalho seguido de discussões utilizando de referencial teórico. São analisados e discutidos também os resultados da eficiência da triagem dos RSU pela cooperativa local, realizada anteriormente à destinação ao aterro sanitário.

No capítulo 5 CONCLUSÕES são descritas as principais conclusões obtidas a partir dos resultados do trabalho, atendendo aos objetivos inicialmente propostos.

No capítulo 6 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS são apresentadas potenciais pesquisas futuras, identificadas a partir do presente trabalho, que possam vir a complementá-lo resultando em benefícios para a gestão de resíduos sólidos urbanos e para a sociedade.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Este capítulo irá tratar da geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no mundo, América Latina e Caribe e no Brasil e suas formas de destinação. Serão descritas as principais legislações em termos de gestão de RSU, destacando a Lei Federal 11.445 de 2007 (Política Nacional de Saneamento Básico) e a Lei Federal 12.305 de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

As características físicas, químicas e biológicas dos RSU são discutidas posteriormente, introduzindo a composição gravimétrica, foco principal deste trabalho. A composição gravimétrica e suas metodologias de avaliação serão descritas em seguida. Destacam-se as principais influências na composição gravimétrica dos RSU e suas metodologias de avaliação no Brasil, tanto as referenciadas como as não referenciadas.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNDO

Renda e riqueza tendem a exercer efeito na geração de resíduos, com a lógica de que quanto maiores os gastos maiores os descartes de resíduos (Worrell e Vesilind, 2012). O *World Bank* (2012) relaciona renda local e a composição gravimétrica dos RSU mundial concluindo que, em um país urbanizado em que a população torna-se mais rica, o consumo de inorgânicos como plástico, papel e alumínio aumenta, enquanto que a fração orgânica diminui. A composição gravimétrica global dos RSU, demonstrada na Figura 1 e Figura 2, é resultado de dados de 105 países, classificando o mesmo em orgânico, papel, plástico, vidro, metal e outros. Os tipos de resíduos que compõem cada classe da composição gravimétrica disponível pelo *World Bank* (2012) se encontram na Tabela 2.

Figura 1 – Composição gravimétrica de 105 países classificados por renda, segundo o *World Bank*

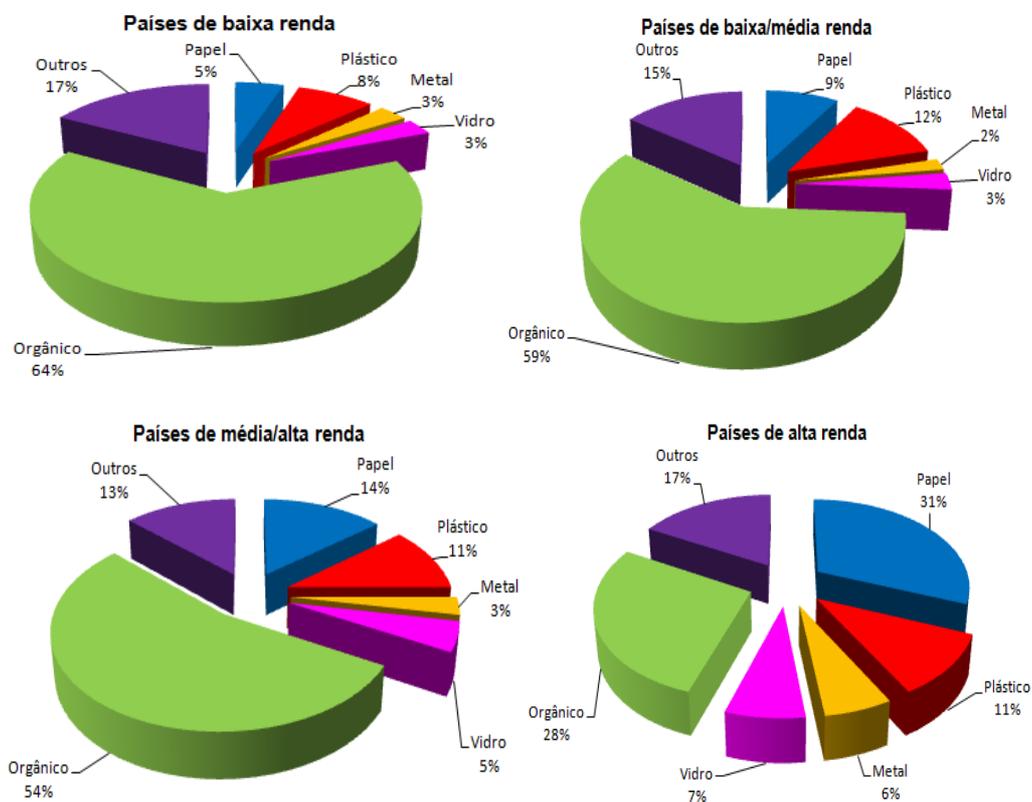
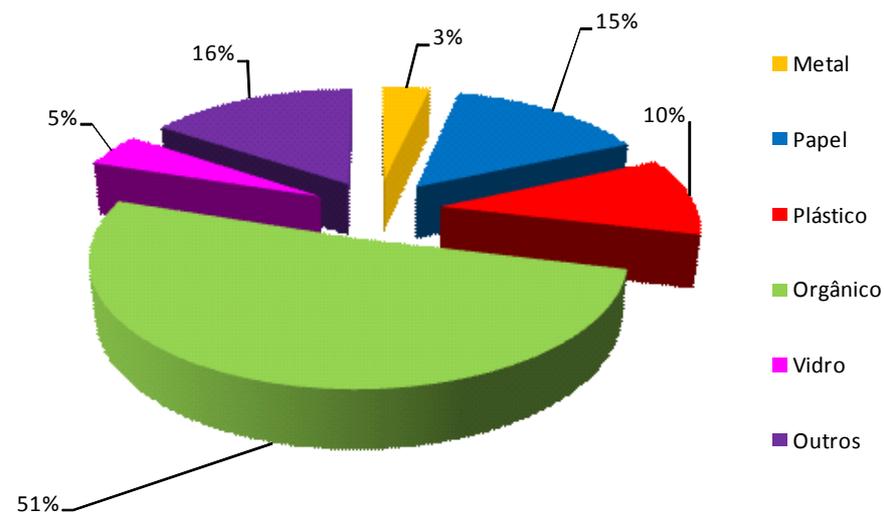


Figura 2 – Composição gravimétrica média mundial dos RSU



Fonte: *World Bank*, 2012

Tabela 2 – Tipos de resíduos que compõem cada classe da composição gravimétrica

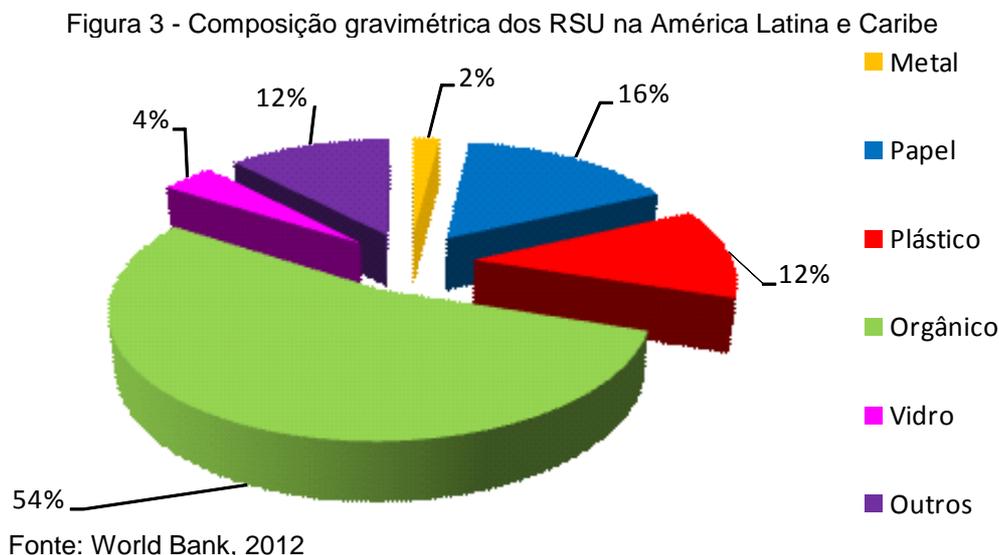
Tipo	Materiais
Metal	Latas, papel alumínio, latas de aerossol não perigosas, eletrodomésticos (linha branca), grades e bicicletas.
Orgânico	Resto de comida, resíduos de jardinagem (folhas, grama, arbustos) e galhos.
Papel	Resíduos de papel, papelão, jornais, revistas, sacos de papel, caixas, papel embrulho, listas telefônicas, papel picado, papel copos de bebidas e outros papeis não contaminados com orgânicos.
Plástico	Garrafas, embalagens, sacolas, tampas e copos.
Vidro	Garrafas, vidros quebrados, lâmpadas e vidro colorido.
Outros	Têxteis, couro, borracha, multi-laminados, resíduo eletrônico, eletrodomésticos, cinzas e outros materiais inertes.

Fonte: *World Bank*, 2012

A média mundial de 51% para os resíduos orgânicos é influenciada pelo baixo valor apresentado pelos países de alta renda (28%), como pode ser observado na Figura 1, já que as classes baixa, média baixa e média alta apresentaram valores entre 54 e 64% para este tipo de resíduo. A explicação para esta relação renda e matéria orgânica é dada por Barros (2012), sugerindo que à medida que os países vão aumentando sua renda, seu resíduo vai se transformando: a produção *per capita* aumenta, a densidade e o teor de umidade diminuem; a composição gravimétrica varia, por exemplo, passando de grande porcentagem de matéria orgânica a um resíduo mais 'seco', mais comburente, e com mais embalagens. Provavelmente esta constatação feita pelo autor explica a maior presença das frações de resíduos de plástico e principalmente do papel para os países de classe média alta e de alta renda, que consomem em maior fração produtos industrializados, sendo estes materiais oriundos de suas embalagens. Estas altas frações elevaram a média do resíduo de papel que representa 14,75% da composição gravimétrica dos RSU mundial. Outra fração significativa refere-se à classe de resíduos definida como 'outros' que obteve uma média de 15,5%, porém diferentemente do orgânico, plástico e papel, este tipo de resíduo não variou muito entre as diversas classes de rendas avaliadas.

O *World Bank* (2012) disponibiliza, ainda, a composição gravimétrica da América Latina e Caribe, como pode ser observado na Figura 3. Percebe-se a

participação maior da fração orgânica na composição gravimétrica dos resíduos na América Latina e Caribe em comparação à média mundial observada na Figura 2.

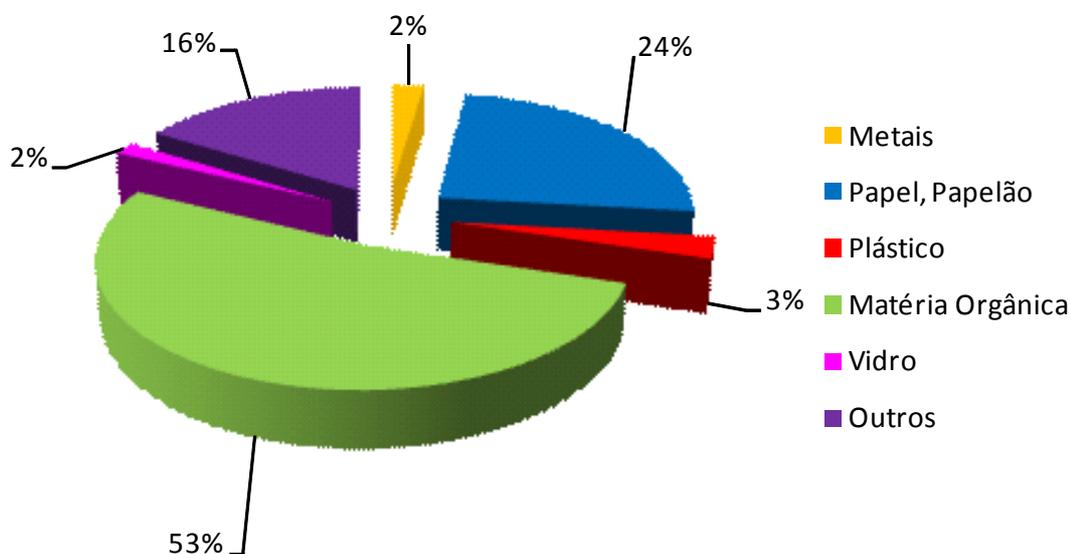


2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

A composição média dos RSU do Brasil e sua evolução são apresentadas a seguir. A Figura 4, resultado de dados do final dos anos 90, evidencia influências do padrão de consumo na composição gravimétrica, através da fração que cada material compunha a massa de resíduos da época. O resíduo plástico, por exemplo, representava aproximadamente 3% nos anos 1990. Tchobanoglous e Kreith (2002) destacam a redução, com o passar do tempo, das quantidades de ferrosos e não ferrosos e o aumento do plástico, principalmente devido à aplicação deste no acondicionamento de alimentos e bebidas. Este mesmo autor destaca ainda que nos anos 60 o plástico representava menos de 1% da composição gravimétrica do RSU dos EUA, já chegando em meados de 2005 próximo dos 11% do total. Em estudos mais atuais, como os disponíveis por IBGE (2010a) e ABRELPE (2012) (Figura 5 e Figura 6, respectivamente), este material já possuía grande participação (14%).

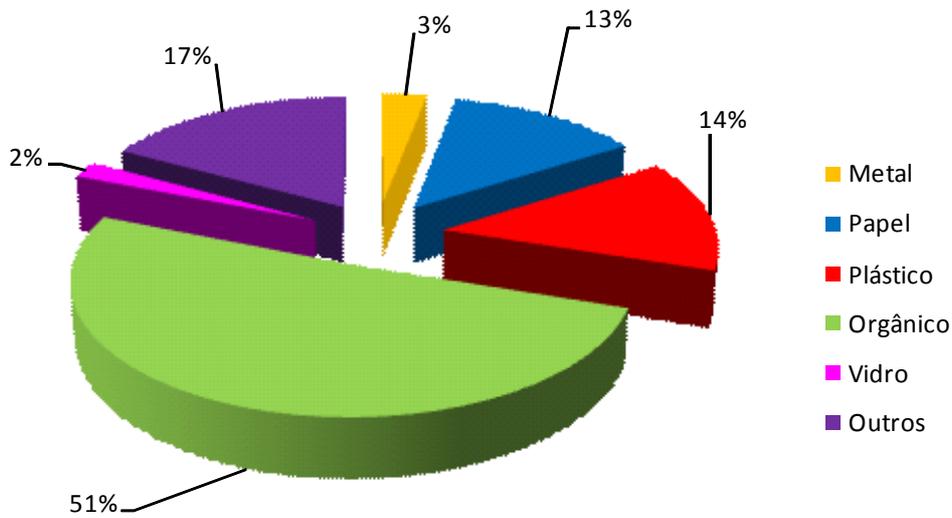
Já o surgimento das embalagens cartonadas (tetra pak) no Brasil ocorreu com muita intensidade (Barros, 2012), sendo inclusive destacada como uma das frações, juntamente com papel e papelão, da composição gravimétrica dos RSU disponível pela ABRELPE (2012) (Figura 6). Mesmo havendo algumas mudanças na fração de alguns materiais, também é perceptível a estagnação da fração de matéria orgânica, em aproximadamente 50% da massa de RSU.

Figura 4 – Composição gravimétrica dos RSU no Brasil, segundo a CETESB



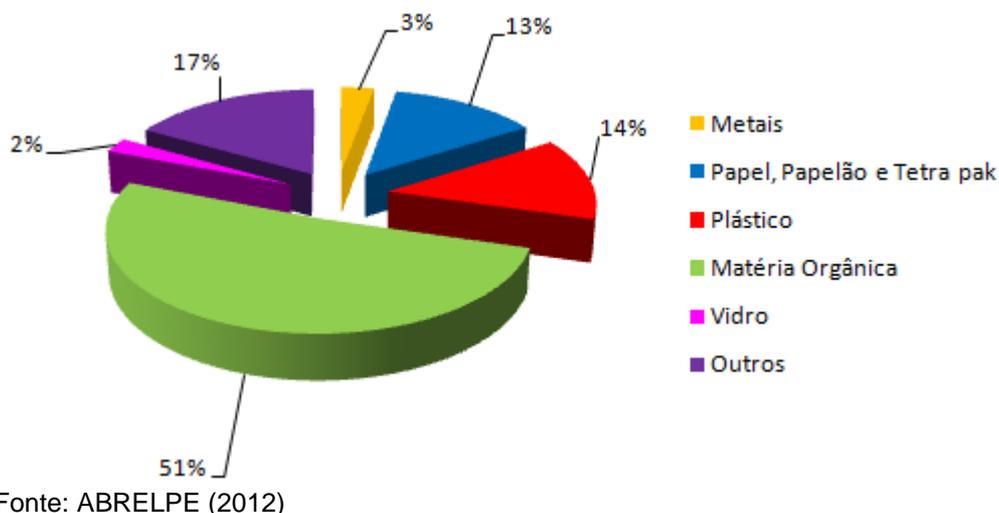
Fonte: CETESB (1990)

Figura 5 – Composição gravimétrica dos RSU no Brasil, segundo o IBGE



Fonte: IBGE (2010a)

Figura 6 – Participação dos principais RSU coletados no Brasil em 2012, segundo a ABRELPE



2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DOS RSU

Para Barros (2012) o tratamento profissional da questão dos resíduos sólidos tomará como base uma série de características, as quais serão imprescindíveis para as diversas etapas da gestão dos resíduos sólidos. A Tabela 3 sugere algumas análises necessárias.

Tabela 3 – Análises necessárias para etapas da gestão de resíduos sólidos

Análises	Etapas				
	Armazenamento	Reciclagem	Incineração	Compostagem	Aterro Sanitário
Produção <i>per capita</i>	X	X			
Densidade dos resíduos	X	X			
Densidade no aterro					X
Umidade		X	X	X	
Capacidade de Campo					X
Composição física (gravimétrica)	X	X	X	X	
Composição química			X	X	
Poder Calorífico			X		X
Cinzas			X		X
Sólidos Voláteis			X		

Fonte: OACA (1992)

O conhecimento de características físicas, químicas e biológicas auxiliará na definição de estratégias e, do ponto de vista operacional, no dimensionamento de equipamentos e instalações (IBAM, 2001).

2.3.1 Características físicas:

A seguir são apresentadas algumas das características físicas mais importantes no processo de gestão de resíduos. O conhecimento destas características é importante para definir estratégias, dimensionar equipamentos e instalações, assim como, identificar o grau de industrialização e os níveis socioeconômicos e culturais da fonte de geração.

- a) Geração *per capita* - Relaciona a quantidade de RSU gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. A quantidade de resíduos produzida por pessoa (*per capita*) está sujeita aos mesmos fatores que influenciam a composição gravimétrica dos resíduos sólidos (sazonalidade, situação socioeconômica, cultura, entre outros). Este é um dado de grande importância no dimensionamento dos serviços, do transporte ao tratamento e à destinação final do resíduo. A este valor somam-se as quantidades de resíduos sólidos industriais (RSI), RCD, resíduos eletroeletrônicos e resíduos de serviço de saúde (RSS), entre outros. Para a ABRELPE (2012), a média de geração brasileira gira em torno de 1,288 kg/hab.dia.
- b) Composição gravimétrica - Traduz o percentual de cada tipo de material com relação ao peso total da amostra de resíduo analisada. Subsidia estudos sobre várias etapas do processo de gerenciamento e na destinação final, sobretudo quanto ao potencial de reaproveitamento e de reciclagem dos resíduos. Conforme a ABRELPE (2012), os valores médios para o Brasil são: Matéria orgânica (51%), plástico (14%), papel (13%), metais (3%), vidro (2%) e outros (17%).

- c) Densidade - É o peso do resíduo em função do volume ocupado, expresso em kg/m^3 . Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações. Este parâmetro varia inversamente com o padrão de vida da população: quanto mais desenvolvida é a sociedade, menos densos são seus resíduos. Segundo MMA (2012), os valores médios de densidade para o RSU brasileiro correspondem a 250 kg/m^3 .
- d) Teor de umidade - Representa a quantidade de água presente no resíduo, medida em percentual do seu peso. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, podendo-se estimar um teor de umidade variando em torno de 30% para o RSU brasileiro (Barros, 2012). Este é um parâmetro importante nos processos de tratamento e destinação final dos resíduos, e nos sistemas que visam a gerar ou recuperar energia a partir dos resíduos. A umidade dos resíduos influencia, também, na velocidade de decomposição dos materiais biodegradáveis presentes na massa de resíduos.
- e) Compressividade - É o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de resíduo pode sofrer quando compactada. Tais valores são utilizados para o dimensionamento de equipamentos compactadores e na estimativa da vida útil dos aterros. Segundo Barros (2012), estes valores giram em torno de 1:3 a 1:4, considerando-se uma pressão de 4 kg/m^2 .

2.3.2 Características químicas:

Mesmo grau de importância deve ser dado ao levantamento das características químicas do RSU, assim como para as características físicas. A determinação de algumas destas características, porém, tornam-se mais onerosas que as características físicas, dado o grau de complexidade da sua

análise, e impossibilidade, algumas vezes, de serem realizadas em campo (Barros, 2012).

- a) Poder calorífico - Esta característica química indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima. É um parâmetro utilizado no dimensionamento de incineradores. Pode ser expresso em termos de poder calorífico superior (PCS) ou poder calorífico inferior (PCI), sendo a diferença entre estes dois o calor necessário para vaporizar a água, tanto aquela apresentada pelo material, como a que se forma durante o processo de combustão.
- b) Potencial hidrogeniônico (pH) - O pH indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos. Sua determinação tem fundamental importância na digestão dos resíduos, pois suas variações podem acelerar ou inibir o processo de decomposição num aterro ou em outros processos de tratamento e disposição final.
- c) Composição química - A composição química consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras. É uma informação importante para indicar as formas mais adequadas de tratar e de dispor o resíduo. Pode ser interessante identificar outros elementos, presentes em menores proporções.
- d) Relação carbono/nitrogênio (C:N) - A relação carbono/nitrogênio indica o grau de decomposição da matéria orgânica do resíduo nos processos de tratamento/disposição final. É um parâmetro básico no tratamento biológico dos resíduos, principalmente a compostagem.

2.3.3 Características biológicas:

As características biológicas dos resíduos são aquelas determinadas pela população microbiana e pelos agentes patogênicos presentes que, ao lado das suas características químicas, permitem que sejam selecionados os métodos de tratamento e disposição final mais adequado (IBAM, 2001). Uma das características biológicas mais importantes é a possibilidade que sua fração orgânica tem de converter-se biologicamente em gases, líquidos e em sólidos orgânicos e inorgânicos relativamente inertes.

Os resíduos orgânicos contêm nutrientes e umidade que, associados a outras condições ambientais, temperatura, por exemplo, favorecem o desenvolvimento de várias espécies de microrganismos. Segundo Barros (2012), os principais microrganismos encontrados nos resíduos sólidos são fungos, protozoários, actinomicetes (designação comum às bactérias baciliformes *Gram* positivas anaeróbias facultativas do gênero *Actinomyces*), algas e vírus. Suas proporções e atividades variam de acordo com as condições ambientais, como temperatura, umidade, entre outros fatores.

2.4 FORMAS DE DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Muitos dos RSU gerados no Brasil são passíveis de reciclagem, reutilização, compostagem, entre outras formas ambientalmente adequadas de destinação final. A PNRS (Brasil, 2010a) define, em seu Artigo 3º, destinação final ambientalmente adequada como:

[...] destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à

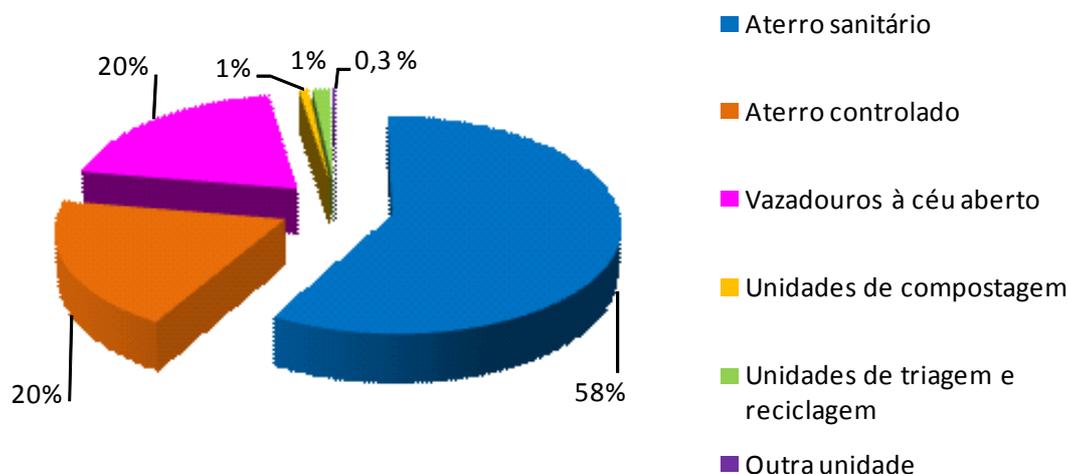
segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010a).

Porém, devido à falta de conscientização da população, falta de segregação na fonte, entre outros motivos, uma grande quantidade de resíduos recicláveis acaba sendo disposta em aterros junto aos rejeitos. A disposição final dos RSU brasileiros não ocorre de maneira ambientalmente adequada em sua totalidade. A disposição final ambientalmente adequada é definida como:

[...] distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010a).

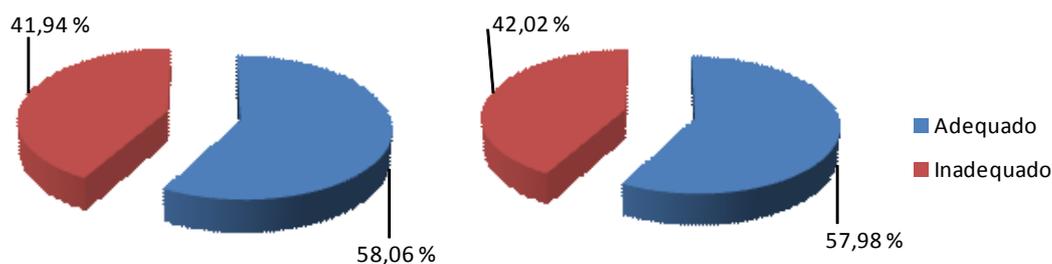
Como pode ser observado na Figura 7, os dados mais recentes disponíveis pelo IBGE (2010b) indicam a presença de disposição de resíduos de maneira inadequada, como em vazadouros a céu aberto. Dados da ABRELPE (2012), mais atuais, apresentam os valores de disposição final dos resíduos sólidos coletados no Brasil nos anos de 2011 e 2012 (Figura 8) contendo uma leve redução do valor de disposição adequada. Em comparação aos valores disponibilizados pelo IBGE (2010b) existem discrepâncias. Porém percebe-se que a participação da disposição em aterros sanitários, método adequado, encontra-se próximo do apresentado pela ABRELPE, em torno de 58%. Este resultado sugere que ao longo destes quase 4 anos de diferença entre os estudos apresentados não houve evolução expressiva em se tratando de destinação final de RSU.

Figura 7 – Formas de disposição de RSU no Brasil em 2008



Fonte: IBGE (2010b)

Figura 8 – Disposição final dos RSU coletados no Brasil em 2011 e 2012 respectivamente



Fonte: ABRELPE (2012)

A implantação da PNRS (Brasil, 2010a) converge para a extinção de formas de disposição final ambientalmente inadequadas. Esta tendência se deve ao estabelecimento de prazo para a eliminação dos chamados ‘Lixões’ no Brasil prevista inicialmente para agosto de 2014. A disposição final é considerada por Barros (2012) como uma das principais preocupações na gestão dos resíduos sólidos, porém a partir da Medida Provisória 651, de 9 de julho de 2014 (Brasil, 2014) ampliou-se o prazo para a extinção desta forma de disposição final para agosto de 2018.

A disposição final adequada dos RSU é alvo de discussões antigas em outros países. Nos EUA, desde 1965 com ‘*Solid Waste Disposal Act*’ destaca-se a necessidade de destinação dos resíduos sólidos a aterros sanitários, de modo a minimizar os potenciais impactos ambientais (Tchobanoglous e Kreith,

2002). No Brasil, atualmente, uma das poucas medidas implantadas para a redução da quantidade de resíduos sólidos dispostos em formas de destinação final ambientalmente adequada se refere à implantação de centrais de transbordo e triagem prévia ao envio para aterro.

2.4.1 Lixões

Várias formas de destinação podem ser dadas aos RSU, todavia, a pior delas é o 'Lixão'. Algumas literaturas definem como local onde se deposita o resíduo, sem projeto ou cuidado com a saúde pública e o meio ambiente, sem tratamento e sem qualquer critério de engenharia (BRAGA *et al.*, 2002; Barros, 2012). A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM, 2014) define este local como “disposição inadequada de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do mesmo no solo, sem medidas de proteção ao manuseio e à saúde pública”. O IBAM (2001) é mais genérico, definindo o 'lixão' como uma forma inadequada de se dispor os RSU que provoca uma série de impactos ambientais negativos. Este mesmo autor alerta para a necessidade de recuperação destes locais para que seus impactos sejam minimizados. Ainda segundo ele, a maneira correta de se recuperar uma área degradada por um 'lixão' seria proceder à remoção completa de todo o resíduo depositado, colocando-o num aterro sanitário e recuperando a área escavada com solo natural da região. A Figura 9 ilustra um 'lixão' do Distrito Federal.

Figura 9 – Foto do 'lixão' da Estrutural no Distrito Federal



Fonte: GLOBO, 2014

Barros (2012) elenca os principais efeitos nocivos da má disposição de resíduos sólidos, como:

- a) A poluição das águas superficiais e subterrâneas, pela geração e pelo escoamento do lixiviado (popularmente conhecido como chorume);
- b) A poluição dos solos, por acúmulo de metais pesados, eventualmente presente no composto e pela presença de outras substâncias perigosas;
- c) A poluição do ar, em que aparecem distúrbios respiratórios, causado por poeira, fumaça, maus cheiros e os efeitos irritantes de algumas substâncias;
- d) A obstrução de dispositivos componentes dos sistemas urbanos de drenagem de águas pluviais (bocas de lobo, canais, entre outros);
- e) Poluição visual, com o impacto estético e emotivo (com a sensação de medo e nojo da população);

f) A existência de animais, que podem causar risco à integridade física dos seres humanos; e

g) A existência de seres humanos vivendo e trabalhando em condições insalubres e submetidos a muitos riscos.

2.4.2 Aterros controlados

Segundo a norma NBR 8.849/85 (ABNT, 1985), que trata da apresentação de projetos de aterros controlados, um aterro controlado é:

[...] uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos cobrindo-os com uma camada de terra ou material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho (ABNT, 1985).

Para o IBGE (2010c) o aterro controlado consiste em:

[...] local utilizado para despejo do lixo coletado, em bruto, com o cuidado de, após a jornada de trabalho, cobrir esses resíduos com uma camada de terra diariamente, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais (IBGE, 2010a).

Segundo IBAM (2001), a diferença básica entre um aterro sanitário e um aterro controlado é que este último não realiza coleta e tratamento do chorume, assim como a drenagem e queima do biogás. No mais, o aterro controlado deve ser construído e operado exatamente como um aterro sanitário. A utilização ou transformação de 'lixões' em aterros controlados, ao invés de aterros sanitários, é compreendida por Barros (2012, p. 170) com "uma

combinação nefasta de desconhecimento, incompetência, ignorância e até de má-fé, fazendo com que a situação da disposição final dos RSU ainda seja muito preocupante”.

2.4.3 Aterros sanitários

Um aterro sanitário é definido pela norma NBR 8.419/96 (ABNT, 1996), que fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos, como:

[...] uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde e à segurança, minimizando impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário (ABNT, 1996).

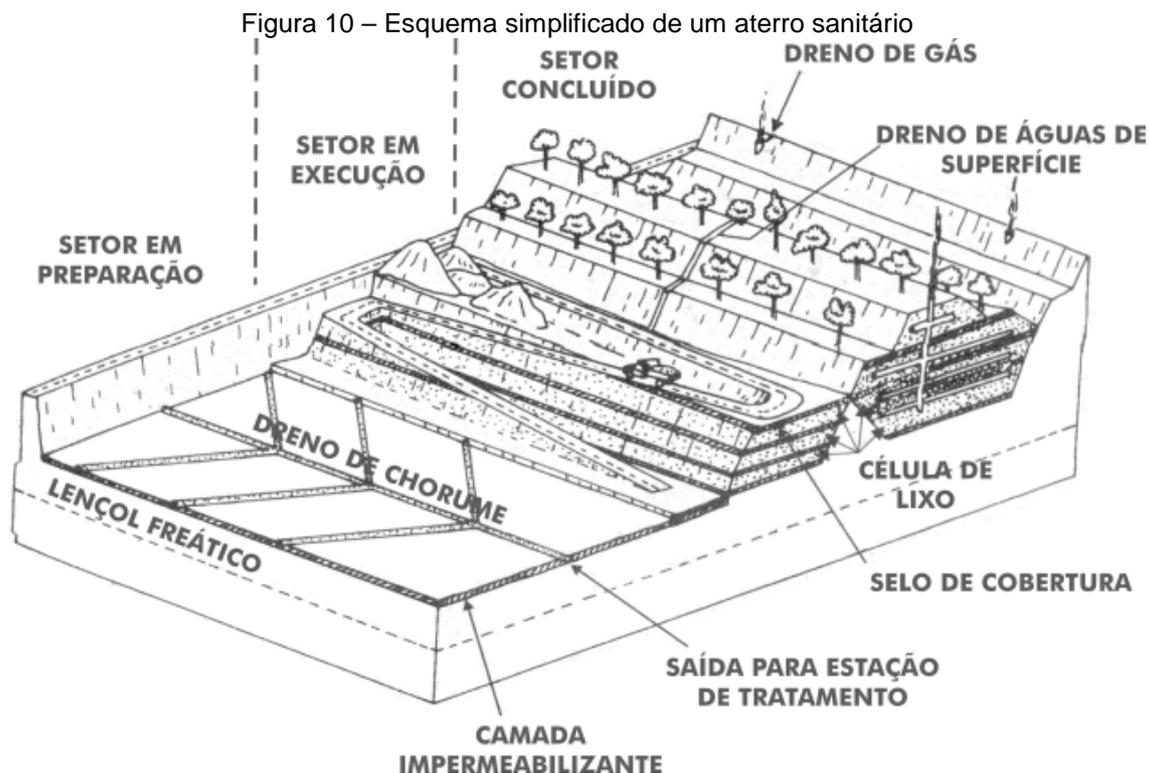
Para o IBGE (2010a) um aterro sanitário é definido como:

[...] local utilizado para disposição final do lixo [entenda-se rejeito], onde são aplicados critérios de engenharia e normas operacionais específicas para confinar os resíduos com segurança, do ponto de vista do controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública (IBGE, 2010a).

Além das poucas divergências destes dois conceitos apresentados ambos corroboram em um importante fator, que este tipo de disposição final consiste de uma obra de engenharia que visa à minimização dos impactos sobre a saúde e a segurança pública e ambiental. A operação de um aterro

deve ser precedida do processo de seleção de áreas, licenciamento, projeto executivo e implantação.

Dentre os principais sistemas adotados na implantação de um aterro sanitário, e o que o diferencia dos demais sistemas de disposição final de resíduos sólidos, estão o seu sistema de impermeabilização e monitoramento, a drenagem e tratamento do chorume e o sistema de captação de gases. Os serviços de impermeabilização inferior do aterro devem ser iniciados logo após a conclusão da remoção da camada de solo superficial da área operacional e consistem, basicamente, na instalação da manta de polietileno de alta densidade (PEAD) ou na execução de uma camada de argila com coeficiente de permeabilidade inferior a 1×10^{-6} cm/s e espessura superior a 80 cm, que pode ser substituída pelo terreno natural, desde que com as mesmas características (IBAM, 2001; Barros, 2012; Braga *et al*, 2002). Concluída a implantação da camada de impermeabilização, passa-se à execução dos canais de drenagem da tubulação de coleta de chorume. O chorume é o líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, que tem como características a cor escura, o mau cheiro e a elevada concentração de matéria orgânica (FEPAM, 2014). A Figura 10 apresenta um esquema simplificado de um aterro sanitário com o seu sistema de impermeabilização, drenagem e captação de chorume e gases.



Fonte: Tetra Pak, 2014

2.5 A RECICLAGEM E O PAPEL DAS COOPERATIVAS

Geralmente as cooperativas de reciclagem estão associadas às centrais de transbordo (Barros, 2012, Worrell e Vesilind, 2012), onde os RSU chegam misturados, inviabilizando, muitas vezes, sua reciclagem. Sistemas de coleta seletiva dos resíduos recicláveis auxiliariam no desenvolvimento das atividades das cooperativas. Os principais benefícios se referem ao recebimento de quantidades maiores de resíduos, com melhores características qualitativas, sem a presença de sujeira e misturas de resíduos orgânicos e recicláveis. Porém, os valores da coleta seletiva somadas a outras questões de natureza social e ambiental irão influenciar nas decisões quanto à implantação ou não de determinadas políticas públicas. Alguns elementos relacionados a custos da coleta seletiva no Brasil são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Elementos da coleta seletiva no Brasil

Ano	Municípios com coleta seletiva	Custo da coleta seletiva (US\$/t)	Custo coleta seletiva/coleta convencional
1994	81	240	10X
1999	135	154	8X
2002	192	70	5X
2004	237	114	6X
2006	327	151	5X
2008	405	221	5X
2010	443	204	4X

Fonte: Barros (2012)

Os valores da coleta seletiva com relação à convencional vem diminuindo, porém apenas 3,1% dos municípios brasileiros adotam esta prática na gestão de seus RSU (SNIS, 2012). A implantação de um sistema de triagem dos resíduos por cooperativas deve ter seu dimensionamento realizado corretamente, além de contar com requisitos mínimos de saúde ocupacional (Barros, 2012). Sub dimensionamentos podem conduzir o sistema ao fracasso, sobrecarregando cooperativados, ou ainda fazendo com que uma grande fração de resíduos recicláveis deixe de ser segregado e seja destinado para aterros sanitários. A Tabela 5 apresenta valores quanto à capacidade de catação e a eficiência de catação por tipo de resíduo.

Tabela 5 – Capacidade de catação manual e eficiência de recuperação

Material	Taxa (kg/h.homem)	Eficiência de recuperação (%)
Papel de jornal	700 - 4.500	60 - 95
Papelão corrugado	700 - 4.500	60 - 95
Frascos de vidro (cores misturadas)	400 - 800	70 - 95
Frasco (por cor)	200 - 400	80 - 95
Frascos de plástico (PET, PEAD)	140 - 280	80 - 95
Latas de alumínio	45 - 55	80 - 95

Fonte: Diaz (1996)

O Ministério das Cidades (2008) apresenta mais alguns fatores a serem considerados no dimensionamento de uma usina de triagem e compostagem (Tabela 6) de acordo com as funções a serem exercidas pelos cooperativados.

Tabela 6 – Dimensionamento de pessoal nas cooperativas

Funções	Quantidade
Deslocadores de tambores	1 a cada 5 triadores
Retiradores de plástico	1 a cada 5 triadores
Retiradores de metal	1 a cada 5 triadores
Enfardadores	1 a cada 600 kg/dia
Administradores	1 a cada 20 pessoas na produção

Fonte: Ministério das Cidades (2008)

Considerando os valores citados na Tabela 6 para o dimensionamento de cooperativas de reciclagem e a grande quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente pela população brasileira e mundial, se pressupõe a grande quantidade necessária de catadores de resíduos, cooperativados ou não, para realizar estes processos em países que não segregam os RSU na fonte. A OPS (2010) disponibilizou valores da quantidade de catadores a cada 10.000 habitantes em alguns países da América Latina e Caribe. Os valores estão disponíveis na Tabela 7.

Tabela 7 – Número de catadores a cada 10.000 habitantes em alguns países da América Latina e Caribe

País	Agrupados em organizações	Em planta de operação (A)	Em serviços de coleta (B)	Em aterros(C)	Em outros lugares (D)	Subtotal (A+B+C+D)
Argentina	3,85	1,91	14,68	3,19	0,71	20,49
Bolívia	1,87	0	0,57	1,67	4,31	6,55
BRASIL	1,77	1,19	0	2,22	1,7	5,11
Colômbia	3,88	5,74	14,51	*	9,73	29,98
Equador	*	1,23	1,42	2,21	*	4,86
Guatemala	0	2,12	0,09	0,67	*	2,88
Honduras	0,81	0,16	0,35	0,25	0,46	1,22
México	0,93	0,57	0,47	0,42	1,84	3,3
Paraguai	0	1,64	0,44	3,2	2,84	8,12
Peru	0,22	0,11	1,46	0,86	1,8	4,23
Uruguai	0,51	3,3	15,11	2,74	2,99	24,14
América Latina e Caribe	1,61	1,47	2,74	1,82	2,54	8,57

*Dados insuficientes para calcular a variável agregada por país.

Fonte: OPS (2010)

As perspectivas de recursos recuperáveis a partir dos resíduos é muito grande e não se restringe somente aos resíduos recicláveis. Já na década de

1970, Pinto (1979) apresentou valores referentes a vários parâmetros passíveis de serem recuperados a partir dos resíduos. Estes valores, de acordo com cada parâmetro avaliado, estão disponíveis na Tabela 8.

Tabela 8 – Estimativa de recursos recuperáveis nos resíduos brasileiros

Produto	Unidade	Unidade de produto/unidade de resíduo	Preço unitário do produto (US\$)	Receita recuperável (US\$/t resíduos)
Ferro	t	0,035 - 0,040	30 - 40	1 - 1,5
Vidro	t	0,020 - 0,030	20 - 25	0,4 - 0,8
Papel	t	0,050 - 0,070	30 - 50	1,5 - 3,5
Composto	t	0,35 - 0,55	8 - 12	4 - 8*
Energia Elétrica	MWh	0,55 - 0,70	20 - 30	10 - 20*
Vapor d'água (incinerador de parede de água)	Gcal	1,5 - 1,8	15 - 18	25 - 35*
Vapor d'água de pirólise	Gcal	1,3 - 1,6	15 - 18	20 - 30*
Gás sintético de pirólise	Gcal	1,6 - 1,9	15 - 18	25 - 35*
Combustível sólido adicional	Gcal	2 - 2,5	5 - 6	10 - 15**
Óleo combustíveisintético de pirólise	Gcal	1,1 - 1,4	8 - 10	15 - 20*

Considerou-se, para base de comparação, um resíduo com poder calorífico inferior compreendido entre 2,4 e 2,7 Gcal/t; *inclusive receitas de recuperação de ferro; **inclusive receitas de recuperação de ferro e vidro.

Fonte: Pinto (1979)

A região do Vale dos Sinos, onde localiza-se o município em estudo, vem ganhando destaque pela presença de cooperativas cada vez mais estruturadas. Dados de duas cooperativas demonstram a grande capacidade de reciclagem dos RSU na região (Tabela 9).

Tabela 9 – Total reciclado e faturamento de duas cooperativas do Vale dos Sinos em 2013

Tipo de resíduo	Total (kg)	Faturamento (R\$)
Papel/papelão	1.090.718	258.762,63
Plásticos	188.396	257.900,95
Plástico beneficiados	346.559	632.934,75
Metais	251.672	138.458,75
Vidros	246.020	20.913,48
TOTAIS	2.123.365	1.308.970,56

Fonte: SOARES, 2014¹

¹SOARES, A. **Planilhas Cooperativas** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <regis_sps@yahoo.com.br> em 20 de fev. de 2014.

2.6 REQUISITOS LEGAIS

A necessidade da minimização dos potenciais impactos ambientais que as atividades antrópicas possam vir a causar é tratada na Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), art. 225. Porém antes mesmo da Constituição Federal a Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981) tratou da preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

As legislações anteriormente citadas preocuparam-se, em maior grau, com a prevenção à poluição ambiental das atividades antrópicas, em geral não sendo específico às atividades de saneamento básico, onde está incluída a gestão dos RSU. O saneamento básico ganhou maior destaque a partir da Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Brasil, 2007), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, porém a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010a) se deu especial atenção aos resíduos sólidos, principalmente os urbanos.

2.6.1 Política Nacional de Meio Ambiente

Apesar da existência anterior de legislações voltadas a questões ambientais, como por exemplo, o Código das Águas (Brasil, 1934), a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (Brasil, 1981) é compreendida como um marco fundamental na gestão ambiental. Em se tratando de resíduos sólidos, foco principal deste trabalho, a PNMA (Brasil, 1981) não possui exigências diretas, porém fornece meios pelos quais posteriormente foram regulamentadas exigências mínimas através de leis, normas, resoluções, instruções normativas, entre outras. Dentre estes meios destacam-se os condicionantes geralmente presentes nas licenças ambientais, resultadas do

processo de licenciamento, contendo a necessidade da informação ao órgão ambiental licenciador quanto à geração e destinação dos resíduos sólidos.

O licenciamento ambiental, grande contribuinte nas melhorias da gestão dos resíduos sólidos, é um dos principais instrumentos da PNMA (art. 9º, inciso IV). A resolução CONAMA 237/1997 define o licenciamento ambiental como:

[...] procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (CONAMA, 1997).

A PNMA define em seu artigo 10 que:

[...] a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental (BRASIL, 1981).

A PNMA apresenta ainda em seus princípios (art.2º), por exemplo, o controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras. Dentre seus objetivos (art. 4º) visa à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico, a difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, a divulgação de dados e informações ambientais e a formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico. Estas definições foram regulamentadas posteriormente pelos zoneamentos ecológico econômicos, planos diretores,

políticas estadual de meio ambiente, resoluções CONAMA, instruções normativas do IBAMA, legislações estadual e municipais, por exemplo.

2.6.2 Lei Federal de Saneamento Básico

A Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007 estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Em seu art. 3º esta lei define como saneamento básico:

[...] o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de: [...] limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente [...] (BRASIL, 2007).

A lei institui como diretrizes para a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, como: o planejamento, a regulação e fiscalização; a prestação de serviços; a exigência de contratos precedidos de estudo de viabilidade técnica e financeira; definição de regulamento por lei, definição de entidade de regulação, e controle social assegurado.

Os Planos de Saneamento Básico, estabelecido em seu art. 11, abrangem no mínimo:

I. diagnóstico da situação e seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;

II. construídos a partir da realidade local;

III. objetivos e metas de curto, médio e longo prazo para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;

IV. programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;

V. ações para emergências e contingências;

VI. mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

Para o MMA (2012) a Lei Federal de Saneamento Básico faculta a elaboração de planos específicos por serviço. Desse modo, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) pode fazer parte do Plano de Saneamento Básico.

2.6.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010a) foi regulamentada pelo Decreto 7.404/2010 (Brasil, 2010b), que cria o comitê interministerial da PNRS e um comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa. Este decreto trata também dos planos de resíduos sólidos, do cadastro nacional de operadores de resíduos perigosos, do SNIR (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos), da educação ambiental na gestão dos resíduos sólidos, das condições de acesso a recursos e de instrumentos econômicos.

Além destes tópicos, a PNRS apresenta, em seu artigo 3º, definições de fundamental importância para o aprimoramento na gestão dos resíduos sólidos, em especial os RSU. Como primeiro exemplo cita-se a definição para 'disposição ambientalmente adequada', como sendo:

[...] distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010a).

Nota-se que a partir da PNRS somente rejeitos poderão ser destinados a disposição final ambientalmente adequada. A PNRS define os 'rejeitos', em seu artigo 3º inciso XV, como:

[...] resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a).

A PNRS define seus instrumentos em seu artigo 8º, merecendo destaque seu inciso I que trata dos planos de resíduos sólidos. Estes planos deverão conter requisitos mínimos, entre eles o diagnóstico dos resíduos sólidos contendo suas características, que necessariamente serão obtidas através da avaliação da sua composição gravimétrica. Além do conhecimento da situação atual, a análise periódica da composição gravimétrica permitirá avaliar as tendências e elaboração de prognósticos dentro do município, conteúdos obrigatórios a serem tratados dentro dos planos de resíduos sólidos municipais.

O conhecimento a nível nacional da composição gravimétrica dos resíduos, a partir dos planos, auxiliará na alimentação de informações do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir, 2014). Estas informações serão úteis no planejamento de políticas públicas voltados ao saneamento e outras a que venham a ser estudadas futuramente. Todos estes dados auxiliarão no conhecimento estatístico da geração de resíduos sólidos que poderão ser efetuados em escalas locais, regionais e nacional.

O artigo 9º da PNRS destaca as prioridades a serem seguidas na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, como: não geração, redução,

reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Barros (2012) destaca a tendência ao surgimento de padrões na gestão de resíduos já observados em países onde a questão está mais avançada, aprimorando, em primeiro lugar, minimizar, e, depois, valorizar os resíduos através da reciclagem e/ou reutilização.

Um dos principais marcos da PNRS foi a definição do fim da destinação final para os chamados 'lixões', inicialmente previsto para agosto de 2014, porém a partir da Medida Provisória 651, de 9 de julho de 2014 (Brasil, 2014) foi ampliada para agosto de 2018. O fim dos lixões encontra-se como um dos conteúdos mínimos exigidos por esta lei para serem contemplados nos planos de resíduos nacional e estaduais. Até o início do mês de agosto de 2014, no estado do Rio Grande do Sul, 5 municípios declararam ainda destinar seus RSU para lixões (Costa, 2014).

Porém a responsabilidade pelas principais medidas definidas para a efetivação da PNRS não se restringem a esfera pública. A 'responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos' surge como a definição que melhor descreve a afirmação acima. A PNRS define em seu artigo 3º XVII:

Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (BRASIL, 2010a).

A definição da responsabilidade compartilhada é reforçada ainda em seu artigo 25, onde são definidos que o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da PNRS e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta lei.

A PNRS reconhece a importância da participação das cooperativas de reciclagem na reciclagem dos RSU. Esta lei define como um dos seus instrumentos (art. 8º, inciso IV) o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. Outra forma de incentivo à participação das cooperativas na gestão dos RSU se dá através do seu artigo 18, onde a PNRS define que serão priorizados no acesso aos recursos da União os municípios que “implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda” (Brasil, 2010a).

A efetiva participação das cooperativas deve ser apresentada dentro do conteúdo mínimo exigido para o PMGIRS (art. 19) através de:

[...] programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver (BRASIL, 2010a).

2.7 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

A gestão de resíduos sólidos, no Brasil e no resto do mundo, exige para fins de planejamento das principais estratégias e ações a serem tomadas o conhecimento da sua composição gravimétrica. Segundo IBAM (2001, p. 34), “a composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisada”. O resultado desta caracterização é importante por inúmeras razões, incluindo a necessidade de estimativa da quantidade de materiais passíveis de ser reciclado, identificar propriedades físicas, químicas e térmicas dos resíduos (Gidaracos et. al., 2005; Worrell e Vesilind, 2012) além do auxílio na estruturação e execução de programas de gestão de resíduos (Yildiz et. al., 2012).

O relatório elaborado pelo *World Bank* (2012) reforça a questão de que a composição dos RSU é influenciada por fatores como nível de desenvolvimento econômico local e cultural, localização geográfica, fontes de energia e o clima. A geografia influencia na escolha de materiais a serem utilizados pela construção civil (madeira e ferro, por exemplo), geração de pó em regiões frias (geralmente de chaminés), entre outros. As fontes de energia influenciam especialmente em regiões de baixa renda, onde a energia utilizada para cozinhar, aquecimento e iluminação, utilizam de fontes alternativas, como a madeira. O clima, estações do ano e os dias da semana influenciam no padrão de consumo, resultando em alterações significativas na composição dos resíduos (Worrell e Vesilind, 2012). Regiões com potencial turístico possuem as chamadas populações flutuantes, representadas pelos turistas que ocupam determinada região em certo período (Gidarakos *et. al.*, 2005). Este aumento na população local não só aumenta a geração de RSU, mas também altera a sua composição. D'Almeida (2000) cita as sazonalidades, influências regionais e temporais, com flutuações na economia como outras possíveis influências na quantidade e composição dos RSU. Para Barros (2012), as possíveis influências na composição gravimétrica dos RSU reforçam a importância da realização de uma grande quantidade de amostras de diferentes épocas e regiões diferentes das cidades, espelhando assim diferentes circunstâncias sobre as quais os resíduos sólidos foram gerados.

A análise periódica da composição gravimétrica permite avaliar as tendências dentro do município sendo possível assim elaborar os prognósticos, conteúdos obrigatórios a serem tratados dentro dos planos de resíduos sólidos municipais. Ainda, o conhecimento da composição gravimétrica, auxiliará o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Snir) e o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Snis), estes, que junto aos planos, são instrumentos da PNRS (Brasil, 2010a).

O conhecimento da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos, assim como qualquer outra análise, necessita de técnicas adequadas, de modo a não haverem influências nos resultados. A Norma NBR 10007

(ABNT, 2004b), amostragem de resíduos sólidos, é a técnica mais utilizada para a realização deste tipo de amostragem no Brasil. A norma ASTM D5231 e outras técnicas sem alguma norma de referência também vem sendo utilizadas em estudos de composição gravimétrica.

Outra possibilidade da caracterização da composição dos RSU seguiria a classificação realizada por Tchobanoglous e Kreith (2002), permitindo avaliar e comparar com outros indicadores sociais. A classificação, segundo estes autores, se dá em três categorias: bens de consumo duráveis, bens de consumo não duráveis e recipientes e embalagens. São classificados como bens de consumo duráveis produtos com um tempo de vida de três anos ou mais, já os bens de consumo não duráveis são aqueles com tempo de vida de menos de 3 anos. A categoria dos recipientes e embalagens compreende as embalagens de alimentos e bebidas (embalagens que acondicionam alimentos, bebidas, produtos de higiene pessoal, entre outros produtos) e embalagens utilizadas para o transporte e/ou exposição de produtos. Por definição é assumido que todos os recipientes e embalagens são descartados no mesmo ano em que o produto foi produzido (com algumas exceções como os pallets de madeira reutilizáveis). Os resíduos que compõem cada categoria estão discriminados na Tabela 10.

Tabela 10 – Principais resíduos que compõem as categorias sugeridas por Tchobanoglous e Kreith

Bens de consumo duráveis	Bens de consumo não duráveis	Recipientes e embalagens
Eletrodomésticos; Eletroeletrônicos; Móveis e acessórios; Carpets e tapetes; Pneus; Baterias; Entre outros.	Jornais; Livros; Revistas; Materiais de escritório; Materiais de divulgação comercial; Papel de seda e toalha; Pratos e copos descartáveis; Fraldas descartáveis; Roupas e sapatos; Toalhas, lenços; Entre outros.	Embalagens de vidro: - Garrafas de cerveja, refrigerante, vinho, licor; - Potes e jarras de alimentos; Embalagens metálicas: - Latas de cerveja e refrigerante. - Latas de alimentos e outros produtos. - Latas de óleo. Embalagens de papel e papelão: - Caixas de papelão; - Caixas de leite; - Caixas dobráveis; - Sacos e sacolas de papel; - Papéis de embrulho; Embalagens plásticas: - Garrafas de refrigerante; - Sacos contendo leite; - Plásticos de embrulho; Embalagens de madeira; Outros tipos de embalagens.

Fonte: adaptado de Tchobanoglous e Kreith (2002)

2.7.1 Metodologias de avaliação da composição gravimétrica

A seguir são apresentadas metodologias de caracterização da composição gravimétrica, aplicadas aos RSU. Inicialmente será abordada a ASTM D5231 (2008), aplicada neste trabalho, seguida da NBR 10007 (ABNT, 2004), norma brasileira, e ao final serão destacados alguns trabalhos que não utilizam normas de referência para a avaliação da composição gravimétrica.

2.7.1.1 ASTM D5231/2008 – Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste

A ASTM desenvolveu este método padronizado para a determinação da composição de RSU não processados. Este método foi elaborado em 1992 e reprovado em 2008. Esta norma utiliza da aplicação de amostragem manual de um determinado número de amostras de resíduos em um determinado período de tempo, não inferior a uma semana. A técnica é aplicável, ainda, em aterros sanitários, estruturas de processamento e conversão de resíduos e estações de transbordo.

Esta norma determina a utilização de amostras entre 91 e 136 kg, definida como a porção necessária para representar a massa total dos resíduos amostrados. Para Zeng *et. al.* (2005) quando os pesos da amostra diminuem abaixo de 91 kg, aumenta, rapidamente, a discrepância na amostra de resíduos. Por outro lado, acima de aproximadamente 140 kg, a discrepância aumenta lentamente. Por isso recomenda um peso de amostra entre 91 e 140 kg.

A metodologia desta norma define que após selecionado um caminhão de coleta de RSU (não especificando volume e/ou massa total) o volume de resíduos deste deve ser disposto em algum local previamente selecionado para a realização da amostragem, formando-se uma pilha de resíduos. Após esta etapa deve-se coletar, de forma manual, os resíduos em 3 pontos ao redor desta pilha e em 1 ponto no topo. O volume coletado deve conter um peso de quatro vezes o sugerido pela norma (91 a 136 kg). Este material deve ser homogeneizado e quarteado, segregando para amostragem um dos quartos que deverá conter entre 91 e 136 kg. Deste quarto é realizada a segregação por tipo de material de modo a se obter a composição gravimétrica.

A ASTM D5231 traz ainda orientações gerais referentes às condições dos materiais a serem utilizados, de modo a não interferir na amostragem, além de orientações de segurança a serem seguidas. A norma disponibiliza uma lista com as principais classificações a serem utilizadas no momento da segregação

dos materiais que compõem a massa de resíduos amostrados, como papel, plástico, madeira, entre outros.

Outros autores fizeram uso da ASTM D5231, associada à outra norma, referenciada ou não, para a caracterização dos RSU de diversas regiões no mundo, como demonstrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Autores que utilizaram da ATSM D5231 para a caracterização dos RSU

País	Cidade/Região	Autor	Norma associada
Brasil	Região de Santa Maria/RS	Hebitzheuter (2008)	-
Estados Unidos	Columbia	Zeng et. al. (2005)	-
Grécia	Creta	Gidakos et. al. (2012)	EPA530-d-02-002 (EPA, 2002)
Turquia	Istambul	Yildiz et. al. (2012)	-

2.7.1.2 NBR 10007 – Amostragem de resíduos sólidos

A Norma NBR 10007 (ABNT, 2004b), amostragem de resíduos sólidos, traz uma série de orientações referente às práticas a serem adotadas de modo a garantir uma amostragem representativa. Dentre a série de orientações trazidas pela norma destacam-se:

- preparação da amostragem;
- pré caracterização do resíduo a ser amostrado;
- necessidade e orientações sobre o plano de amostragem;
- avaliação do local onde será amostrado o resíduo;
- forma de armazenamento;
- tipo de amostradores;
- número de amostras a serem coletadas;
- volume; entre outras.

A Norma ABNT NBR 10007 deixa a critério do técnico em amostragem o número de amostras e o volume a ser amostrado, orientando quanto à necessidade de volumes suficientes de modo a que se possam realizar contraprovas. A norma define, ainda, a necessidade da seleção correta de

amostrador, de modo a ser compatível com a forma do resíduo a ser amostrado (misturas, líquidos, multifásicos, lodos e sólidos).

A técnica especifica a necessidade da divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado. Os locais, assim como alguns autores que utilizaram da NBR 10007 (ABNT, 2004) estão disponíveis na Tabela 12.

Tabela 12 – Autores que utilizaram da NBR 10007 para a caracterização dos RSU

Cidade/Região	Autor
Jaú - SP	Rezende et. al. (2011)
Itapuna - MG	Moura et. al. (2012)
Região Sul de Belo Horizonte	Cussioli et. al. (2006)

2.7.1.3 Outras técnicas de amostragens

Além das metodologias de referência citadas, NBR 10007 e ASTM D5231, outras técnicas não referenciadas vem sendo empregadas para a avaliação dos RSU no Brasil. Guadagnin *et. al.* (2014) e Oenning *et. al.* (2012) utilizaram dos procedimentos amostrais disponíveis pela CETESB (1990), realizando algumas adaptações, para a avaliação da composição gravimétrica de alguns municípios do sul catarinense e de Criciúma, respectivamente. CETESB (1990) recomenda a homogeneização da amostra, seguida de quarteamento, efetuando-se nova homogeneização de dois quartos opostos. Segue este procedimento até obtenção do volume desejado para a amostragem, não definindo valores. Lazzari (2010) utilizou-se da metodologia disponível por Jardim e Wells (1995) para amostrar os RSU de Novo Hamburgo, com procedimentos muito semelhantes ao da CETESB (1990). Porém, Lazzari (2010) classificou os resíduos somente em 3 grupos

(recicláveis, orgânico e rejeitos) já que objetivo da amostragem visava a compostagem dos RSU do município.

Nóbrega *et. al.* (2007) realizaram homogeneização e quarteamento duas vezes, e posterior amostragem de 100 kg de resíduos de Pedras de Fogo, na Paraíba. Flores Neto *et. al.* (1999) optaram pela caracterização de todo o material contido no caminhão de coleta dos resíduos sólidos de João Pessoa na Paraíba. Alcantara (2010) utilizou-se de amostras de bairros e quadras que compunham a cidade de Cáceres, no Mato Grosso, sorteados aleatoriamente para a avaliação da composição gravimétrica dos RSU deste município. No município de Imbé, no Rio Grande do Sul, Tomacheski (2014) realizou a caracterização dos caminhões de coleta do município, associado aos valores recolhidos pela cooperativa local para estimar a composição gravimétrica dos resíduos.

Novas propostas vêm sendo desenvolvidas para a avaliação da composição gravimétrica de RSU, como por exemplo, Rocha *et. al.* (2013) e Bezerra (2011) que estimaram a composição gravimétrica a partir de dados socioeconômicos, usando as Redes Neurais Artificiais (RNA). A justificativa para a utilização desse tipo de ferramenta pelos autores se dá pela não utilização de mão de obra braçal e a grande quantidade de tempo que os métodos tradicionais exigem. Ambos os trabalhos encontravam valor contendo diferenças pouco expressivas, porém em sua grande maioria subestimada com relação aos dados reais, com exceção dos valores dos resíduos classificados como outros, que foram superestimados.

Em estudos realizados em outros países. Heravi *et. al.* (2013) realizaram, em Tehran (Irã), a amostragem através da coleta aleatória de resíduos em três pontos (frente, meio e traseira) dos caminhões transportadores de modo a preencher galões de 60 litros para posterior caracterização da composição gravimétrica. Tchobanoglous e Kreith (2002) descreveram a possibilidade da aplicação da técnica de caracterização da composição gravimétrica a partir de dados de produção e descarte do produto, definida por (Worrell e Vesilind, 2012) como *input method* (método de dados de

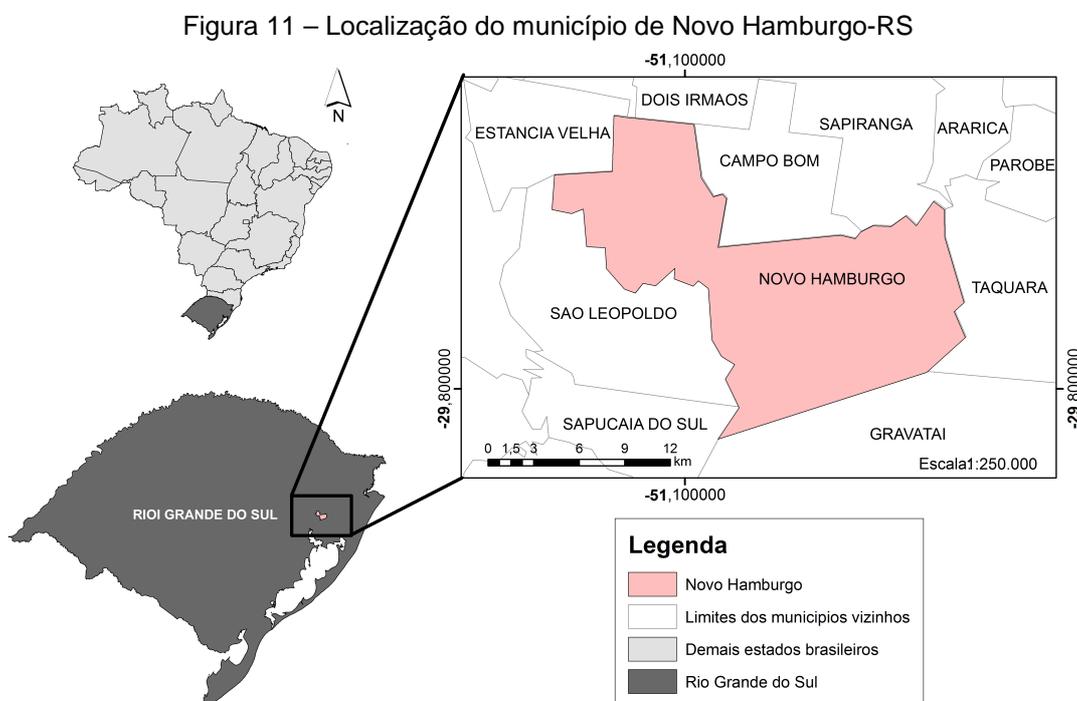
entrada). Nesta metodologia é comparada a produção de um determinado produto com a quantidade descartada do mesmo, de modo a se obter a geração de resíduos. Porém existe a possibilidade da ocorrência na subestimativa, principalmente devido ao maior acesso de produtos legais e ilegais do exterior em determinados países, além da possibilidade de inexistência de órgãos que controle este fluxo de produtos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é caracterizada a área de estudo, sua população, taxa de geração de resíduos sólidos e sistema de coleta. A seguir são descritos os procedimentos amostrais, como a norma de referência para a caracterização da composição gravimétrica, local de realização da amostragem, número de amostras, bairros amostrados e tipos de resíduos classificados.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de Novo Hamburgo – RS (Figura 11), localizado a aproximadamente 40 quilômetros da capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, e tem o setor coureiro como de grande importância para economia e o desenvolvimento local (Novo Hamburgo, 2014).



Fonte: Autoria própria

O município divide-se em 27 bairros e está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, que tem entre os principais usos da água destinados ao abastecimento público, uso industrial e irrigação (SEMA, 2014). Novo Hamburgo tinha em 2010 uma população de 239.051 habitantes, aproximadamente 98% na área urbana e 2% na área rural (Tabela 13). Estimativas do IBGE (2010c) sugerem uma população de aproximadamente 248.251 habitantes para o ano de 2014.

Tabela 13 – Divisão da população do município de Novo Hamburgo.

População	Nº de habitantes
Urbana	234.909
Rural	4.142
Total	239.051

Fonte: IBGE, 2010b

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município tem evoluído ao longo dos anos, sendo 0,544 (no ano de 1991), 0,671 (ano de 2000) chegando em 0,744, no ano de 2010, pouco abaixo do valor para o Rio Grande do Sul neste ano (0,805) (IBGE, 2010c). Cada habitante de Novo Hamburgo gera 0,75 kg/dia de resíduo (Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - PROSINOS, 2012), valor próximo ao índice do Rio Grande do Sul (0,80 kg/hab.dia), disponível pelo SNIS (2012), porém muito abaixo do valor estimado para o Brasil (1,228 kg/hab.dia), conforme ABRELPE (2012).

A coleta dos RSU do município é realizada por empresa terceirizada, contando em sua frota com caminhões de 15m³ e de 19m³. Conforme PROSINOS (2012), a zona urbana é contemplada 100% pelo sistema de coleta e a zona rural conta com valores próximos a este. O sistema logístico da coleta dos RSU corresponde à divisão por setores (Tabela 14), que diferem pelas rotas que são realizadas.

Tabela 14 – Lista dos setores de coleta do município de Novo Hamburgo

Setor	Bairros
Setor 1	Pátria Nova / Rio Branco / Vila Nova
Setor 2	Centro: Guarani
Setor 3	Guarani / Operário / Vila Nova
Setor 4	Boa Vista / Hamburgo Velho / Jardim Mauá
Setor 5	Primaver / Rincão
Setor 6	Liberdade
Setor 7	Ideal / Primavera
Setor 8	Industrial / Ouro Branco / Santo Afonso
Setor 9	Diehl / Roselândia
Setor 10	Canudos: Vila Kunz / Hamburgo Velho
Setor 11	Boa Saúde / Petrópolis
Setor 12	São Jorge / São José
Setor 13	Canudos: Vila Kraemer; Vila Kunz
Setor 14	Santo Afonso
Setor 15	Rondônia
Setor 16	Canudos
Setor 17	Canudos: Iguaçu; Kipling; Mirasol
Setor 18	Canudos: Vila das Flores / Centro: Guarani
Setor 19	Lomba Grande (área rural)

Os RSU após coletados passam pelo processo de triagem na Central de Triagem e Transbordo da Roselândia, realizado pela Cooperativa de Construção Civil e Limpeza Urbana (COOLABORE), parceira do município para esta atividade. Dados disponíveis por Bohn² (2014) revelam que, em 2013, a COOLABORE atingiu a quantia de 2.562,68 toneladas (aproximadamente 5% do total de RSU) de resíduos potencialmente recicláveis triados pela cooperativa e posteriormente destinados à reciclagem. O sistema conta com o processo de coleta seletiva que, até a presente data, contempla somente o bairro Centro (Setor 2). O município destina seus resíduos sólidos para o aterro sanitário de Minas do Leão - RS, a aproximadamente 127 quilômetros de Novo Hamburgo, em valores aproximados a 4.000 t/mês (PROSINOS, 2012).

² BOHN, P. Planilha de Materiais 2013. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <regis_sps@yahoo.com.br> em 06 de abr. de 2014.

3.2 PROCEDIMENTOS AMOSTRAIS

A amostragem dos RSU do município de Novo Hamburgo – RS seguiu a metodologia disponibilizada pela ASTM D5231 (2008), específica para amostragem deste tipo de resíduo. Foram realizadas 10 amostragens, uma para cada setor de coleta de resíduos selecionado ao longo do período de amostragem, sendo realizada uma no período da manhã e uma no período da tarde de cada dia distribuídas temporalmente conforme a Tabela 15. Os dias de amostragens foram divididos em duas semanas, amostrando-se na semana 4 do mês de março de 2014 na segunda, quarta e sexta-feira, e na semana 1 de abril de 2014 na terça e na quinta-feira. Foram amostrados diferentes dias da semana (de segunda à sexta), de modo a minimizar as potenciais influências que as características dos resíduos poderiam sofrer, visto que existem padrões de consumo próximo ao final de semana e nos demais dias, por exemplo.

Tabela 15 – Datas e turnos das amostragens dos resíduos sólidos urbanos de Novo Hamburgo

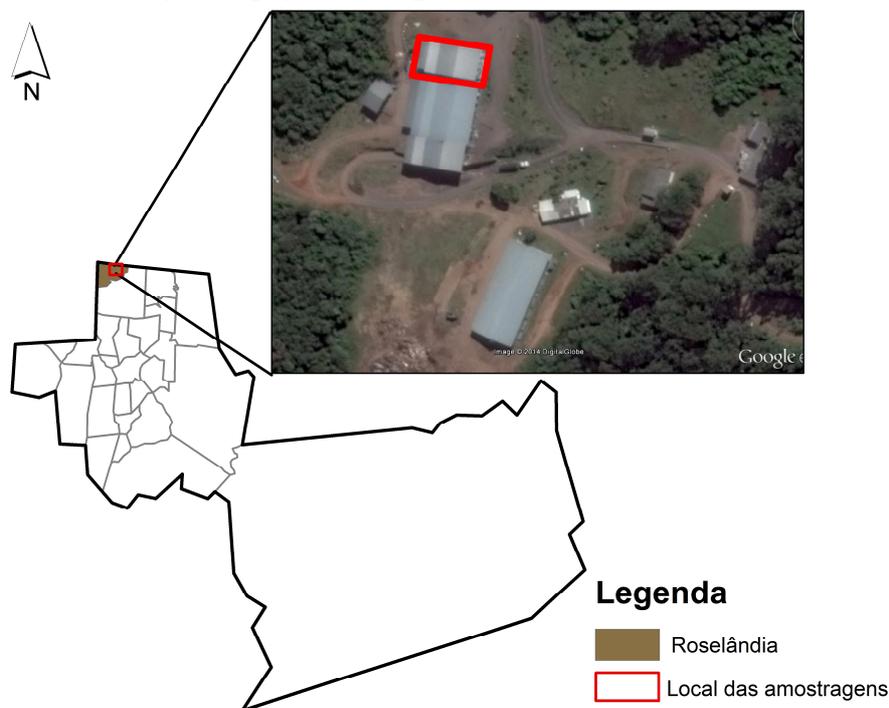
ATIVIDADE	Turno	Março de 2014				Abril de 2014			
		Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem.1	Sem.2	Sem.3	Sem. 4
Amostra 1	Manhã				24/mar				
Amostra 2	Tarde				24/mar				
Amostra 3	Manhã				26/mar				
Amostra 4	Tarde				26/mar				
Amostra 5	Manhã				28/mar				
Amostra 6	Tarde				28/mar				
Amostra 7	Manhã					01/abr			
Amostra 8	Tarde					01/abr			
Amostra 9	Manhã					03/abr			
Amostra 10	Tarde					03/abr			
Amostragem Galpão Reciclagem*								21/abr	

*Única amostragem não realizada na Roselândia

O local selecionado para a realização das amostragens foi o galpão de triagem da COOLABORE, localizado no bairro Roselândia do município de Novo Hamburgo-RS (Figura 12). O galpão foi selecionado, pois corresponde ao

local onde ocorre o transbordo e triagem de parte dos RSU do município antes da destinação ao aterro sanitário, no município de Minas do Leão-RS.

Figura 12 – Localização do galpão de triagem no bairro Roselândia, Novo Hamburgo-RS



Os caminhões amostrados foram selecionados aleatoriamente, restringindo-se apenas a realização de amostragem de mesmos setores de coleta dos RSU. Todos os caminhões amostrados continuam capacidade para 15m³ de resíduos. Os setores e os bairros que os compõe estão disponíveis na Tabela 16. Ainda nesta tabela é possível observar a classificação socioeconômica de cada bairro, conforme *United Nations Environmental Programme* UNEP (2009). A classificação socioeconômica dos bairros de Novo Hamburgo considerou fatores como renda, valores das moradias e *status* familiar.

As amostragens abrangeram 13 (Canudos, Diehl, Guarani, Hamburgo Velho, Industrial, Lomba Grande, Ouro Branco, Pátria Nova, Rio Branco, Rondônia, Roselândia, Santo Afonso, Vila Nova) dos 27 bairros que compõe o município, como pode ser observado na Figura 13. Em área, a amostragem

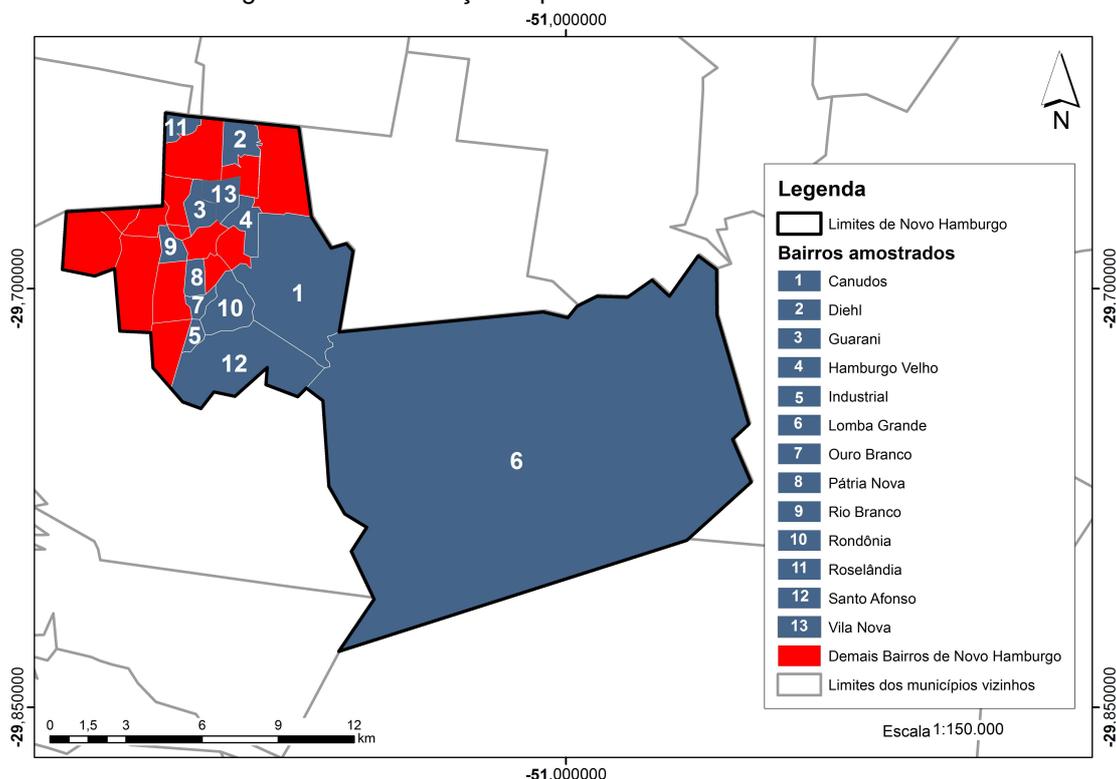
abrangeu 85% do município de Novo Hamburgo. Os bairros Canudos e Guarani encontram-se em mais de um setor, sendo diferenciadas as suas rotas de coletas.

Tabela 16 – Bairros que compõe cada setor amostrado e sua classificação socioeconômica segundo a UNEP

Setores	Bairros	Classificação socioeconômica*
1	Pátria Nova	B
	Rio Branco	Comercial e industrial
	Vila Nova	B
2	Centro: Guarani	B
8	Industrial	Comercial e industrial
	Ouro Branco	B
	Santo Afonso	C
9	Diehl	B C
	Roselândia	B C
10	Canudos: Vila Kunz	C
	Hamburgo Velho	B
13	Canudos: Vila Kraemer; Vila Kunz	C
15	Rondônia	B C
17	Canudos: Iguaçú; Kipling; Marisol	C
18	Canudos: Vila das Flores	C
	Centro: Guarani	B
19	Lomba Grande	Área rural

*Classificação socioeconômica segundo a UNEP (2009), conforme condições de renda, valores das moradias e *status* familiar.

Figura 13 – Localização espacial dos bairros amostrados



Fonte: Autoria própria

Para a realização das amostragens, inicialmente foram coletados resíduos sólidos em quatro pontos da pilha de resíduos tombados pelo caminhão de coleta do município, três na lateral da pilha e uma no topo (Foto 1), de modo que um quarto da massa total coletada na pilha de resíduos resultasse entre 91 a 136 kg, conforme orientação da ASTM D5231. Para a coleta dos resíduos sólidos foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs) como luvas, óculos de proteção, sapatos de segurança e máscaras, além de jaleco e calça, para evitar contato direto com os resíduos.

Foto 1 - Pilha de resíduos disposta para amostragem



Fonte: Autoria própria

Os resíduos coletados, após rompimento dos sacos plásticos que os acondicionavam, foram dispostos em tambores de 200 litros e pesados. A partir dos valores obtidos com a pesagem destes tambores, foi possível calcular a densidade dos RSU, visto que esta característica compreende a relação entre o peso da massa de resíduo, obtido através das balanças, e o volume ocupado por esta massa (200 litros dos tambores). Após a pesagem os resíduos foram dispostos sobre uma lona, homogeneizados e quarteados, separando-se um dos quartos contendo entre 91 e 136 kg (Foto 2). A massa de resíduos que compunha o quarto escolhido foi segregada por tipo de material, como pode ser observado na Foto 3, sendo registrado seu peso em formulário específico (Tabela 17).

Foto 2 - Quarteamento de Amostra



Fonte: Autoria própria

Foto 3 - Segregação por tipo de resíduo



Fonte: Autoria própria

Tabela 17 – Folha de Dados de Composição de RSU de Novo Hamburgo

Folha de Dados de Composição de Resíduos		
Data:	Companhia de coleta:	
Área:	Tipo de veículo:	
Condições Climáticas:	Rota:	
Peso Total (kg):	Preenchido por:	
Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha		
Couro		
Madeira		
Matéria Orgânica		
Metais Ferrosos		
Metais Não-Ferrosos		
Papel		
Plástico		
Vidro		
Têxteis		
Outros		

A Tabela 18 apresenta alguns dos materiais considerados dentro de cada tipo de resíduo. O tipo de resíduo ‘couro’ foi selecionado de acordo com a principal atividade desenvolvida na região, o setor coureiro.

Tabela 18 – Tipos de material considerados dentro de cada classe de resíduos considerada

Tipo de resíduos	Descrição
Borracha	Resíduos de borracha em geral, retalhos de pneus, retalhos de câmaras de ar, entre outros.
Couro	Retalhos e aparas de couro, sapatos, cintos, tiras de couro, entre outros.
Madeira	Restos de madeira quebrados, exceto na forma de serragem.
Matéria orgânica	Restos de alimento, podas de jardim, serragem de madeira e resíduos de papel contaminados com os anteriormente citados.
Metais Ferrosos	Sucatas de ferro em geral.
Metais Não-Ferrosos	Latas de alumínio, latas de aerossol, fios de cobre e alumínio, entre outros.
Papel	Papel, papelão, jornais, revistas, embalagens de papel.
Plástico	Garrafas, embalagens de produtos de beleza, sacolas e sacos, tampas, copos.
Vidro	Garrafas de bebidas, garrafas de produtos de beleza, vidros quebrados, entre outros.
Têxteis	Vestuário em geral, retalhos de tecidos, entre outros.
Outro	Lâmpadas, embalagens de óleo lubrificantes, pilhas e baterias, eletroeletrônicos, resíduos de construção e demolição, resíduos de serviço de saúde (RSS), entre outros.

Seguindo a mesma metodologia foram caracterizados, de acordo com a composição gravimétrica, os resíduos sólidos que saíam das esteiras de triagem da COOLABORE. Os resultados obtidos para a saída das esteiras de triagem foram comparados com os da composição gravimétrica dos RSU, de modo a identificar a capacidade do processo de triagem de materiais que a estrutura da cooperativa atualmente instalada possui. As amostras foram realizadas nas mesmas datas que as amostragens dos RSU, compreendendo um total de 5 amostras, um em cada dia de amostragem. A coleta do material a ser amostrado foi realizada pela retro escavadeira da cooperativa de reciclagem. Na unidade da COOLABORE, localizada no bairro Centro do município de Novo Hamburgo, foi realizada a caracterização da composição gravimétrica dos resíduos da coleta seletiva, de modo a ser possível estabelecer comparações com os resultados obtidos para aquele bairro (Setor 2), atualmente o único atendido pela coleta seletiva no município. A metodologia adotada para a caracterização destes resíduos seguiu a ASTM D5231 (2008), apresentado em 2.7.1.1.

Os resultados obtidos foram confrontados com a literatura, buscando estabelecer relações com valores nacionais e alguns já identificados no município de Novo Hamburgo. A análise dos resultados ainda compreende a avaliação da distribuição espacial de alguns tipos de resíduos, como orgânico e reciclável, por exemplo, além do estabelecimento de relações dos resultados obtidos com dados socioeconômicos locais. Ao final, foram sugeridas algumas políticas públicas e propostas de trabalhos futuros, com a finalidade de complementar e aprimorar o presente trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos e as discussões. Inicialmente são analisados os resultados obtidos para a composição gravimétrica de todos os setores, assim como a média destes. Posteriormente são discutidos os resultados da densidade dos RSU, obtidos em todos os setores avaliados.

4.1 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA MÉDIA DOS RSU DE NOVO HAMBURGO

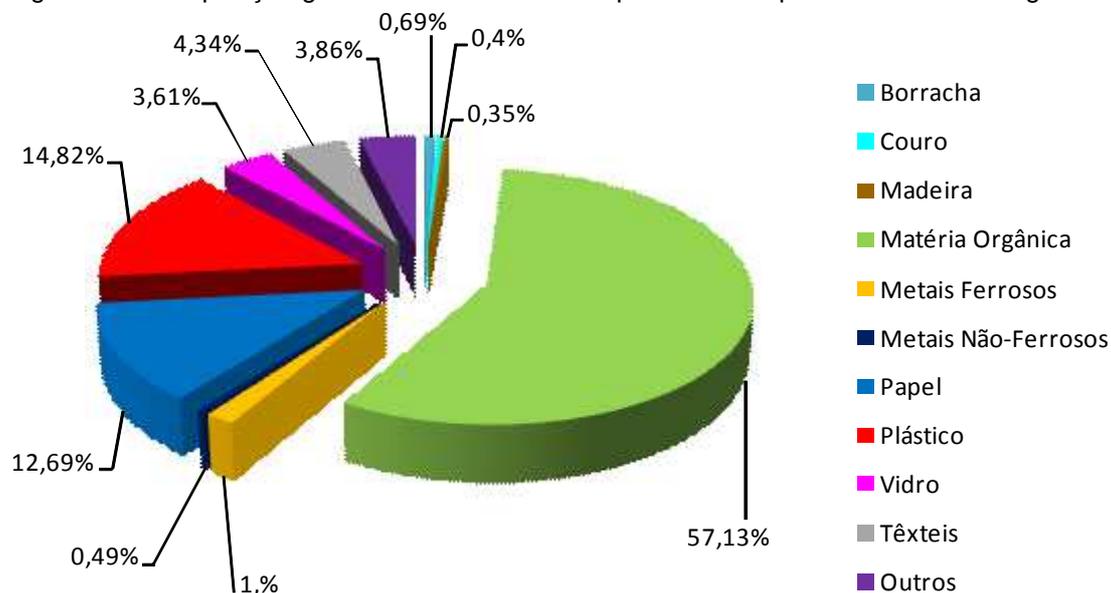
Os valores encontrados em cada setor de amostragem preenchidos nas planilhas utilizadas neste trabalho estão disponíveis nos Apêndices de A a J deste trabalho. Alguns dos setores avaliados apresentaram valores variados de determinados tipos de resíduos (Tabela 19). Por exemplo, os valores de matéria orgânica variaram de 41,82% (Setor 15) até 70,80% (Setor 9). Este tipo de resíduo é composto, basicamente, por podas de jardim, encontrado em grande parte nas amostras realizadas em coletas dos finais de semana. Também fazem parte desta classificação restos de alimentos e os papéis contaminados com matéria orgânica, contendo grande umidade, e rasgados em pequenos pedaços, o que dificultaria a sua catação e/ou inviabilizaria a sua reciclagem.

Tabela 19 – Compilação dos resultados obtidos para cada setor amostrado

Resíduo	Setor 1	Setor 2	Setor 8	Setor 9	Setor 10	Setor 13	Setor 15	Setor 17	Setor 18	Setor 19	Média
Borracha	0,33	0,07	0,80	0,00	0,16	0,11	0,56	0,71	1,71	2,41	0,69
Couro	0,00	0,00	0,00	2,89	0,00	0,53	0,57	0,00	0,01	0,03	0,40
Madeira	0,07	0,00	0,31	0,64	0,11	1,45	0,30	0,37	0,00	0,29	0,35
Matéria Orgânica	58,62	60,55	53,22	70,80	68,23	60,18	41,82	68,90	44,48	44,50	57,13
Metais Ferrosos	4,10	0,93	3,53	1,40	1,05	1,07	0,69	0,88	1,37	1,13	1,61
Metais Não-Ferrosos	0,53	0,45	0,48	0,44	0,37	0,22	0,72	0,16	0,13	1,39	0,49
Papel	14,61	9,27	15,04	4,03	10,75	12,85	34,98	5,37	10,61	9,41	12,69
Plástico	14,86	15,87	13,22	9,90	11,95	17,17	13,25	9,08	15,15	27,69	14,82
Vidro	3,97	5,18	3,54	2,49	3,04	3,36	3,32	1,15	6,83	3,27	3,61
Têxteis	1,54	2,45	5,23	3,32	2,04	0,64	1,80	8,10	13,31	4,95	4,34
Outros	1,37	5,23	4,62	4,08	2,30	2,40	2,00	5,27	6,39	4,92	3,86

A composição gravimétrica média dos setores obtida para o município de Novo Hamburgo, apresentou-se em pouco mais da metade composta por matéria orgânica (Figura 14). Os resíduos de plástico (14,82%) e papel (12,69%) apresentaram a segunda e terceira maior média, respectivamente, porém nos setores 17 (Canudos: Iguaçu; Kipling; Marisol) e 18 (Canudos: Vila das Flores/ Centro: Guarani), os resíduos têxteis destacaram-se pela sua grande participação na composição gravimétrica (4,34%). Apesar da existência no município de determinada quantidade de *ateliers*, não é possível definir uma relação entre a quantidade de resíduos têxtil gerado neste setor com esta atividade. Grande parte dos resíduos de vidros (3,61%) correspondia a vasilhames, e foram encontrados em amostras de coletas realizadas, principalmente, aos finais de semana. Mesmo comportamento foi observado para os resíduos de metais não-ferrosos (0,49%), principalmente compostos de latas de alumínio.

Figura 14 - Composição gravimétrica média obtida para o município de Novo Hamburgo - RS

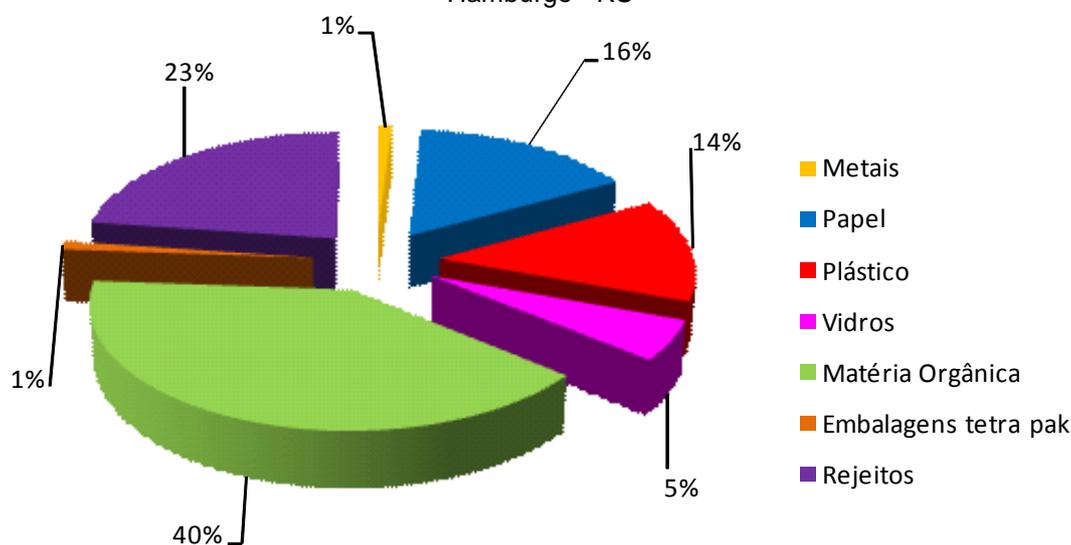


Fonte: Autoria própria

O resultado de média encontrado para o município diverge em grande parte quanto aos valores disponíveis em PROSINOS (2012) com relação à matéria orgânica (40%). Outra diferença entre as duas composições

gravimétricas se refere ao segundo e terceiros representantes da composição gravimétrica dos RSU de Novo Hamburgo. Enquanto os resultados obtidos apresentam o plástico e o papel como segundo e terceiro maiores representantes, respectivamente, os dados disponíveis pelo PROSINOS (2012) (Figura 15) apresentam o inverso deste resultado. Apesar de algumas diferenças nos resultados, os valores de plástico encontrados (14,82%) ficaram bem próximos ao disponível pelo PROSINOS (2012), que representava 14%.

Figura 15 - Composição gravimétrica disponível pelo PROSINOS para o município de Novo Hamburgo - RS



Fonte: PROSINOS (2012)

A variação nas composições gravimétricas obtida no presente estudo e as disponíveis pelo PROSINOS (2012) são passíveis de apresentarem diferenças devido a representarem diferentes períodos avaliados. Além disso, a utilização de diferentes procedimentos amostrais adotados poderia resultar nestas discrepâncias, porém a metodologia adotada não foi informada ao longo do trabalho. A utilização da classe 'rejeito' pelo PROSINOS (2012) dificulta, ainda mais, a comparação entre os resultados, considerando que alguns resíduos incluídos nesta classe poderiam ser classificados dentro de outras. Por exemplo, resíduos de papel sujos com matéria orgânica poderiam perfeitamente ser incluídos na classe de resíduos de 'matéria orgânica', já que

possivelmente seriam aplicáveis no processo de compostagem. Estas interferências, e outras, podem ser as responsáveis pela discrepância nos resultados dos PMGIRS apresentados pelo PROSINOS (2012) para os municípios vizinhos de Novo Hamburgo (Tabela 20).

Tabela 20– Composição gravimétrica (%) dos municípios vizinhos de Novo Hamburgo

Município	Matéria Orgânica	Papel	Plástico	Vidros	Tetra Pak	Metais	Rejeitos	Outros
Estância Velha	6,9	9,66	12,41	1,1	1,66	0,68	67,59	-
Dois Irmãos	18,23	16,3	28,18	1,66	6,08	4,14	25,41	-
Campo Bom	37,8	15,12	14,39	0	1,71	3,17	27,8	-
Sapiranga	24,69	22,67	8,56	5,54	2,02	3,78	32,75	-
Taquara	21,21	15,15	18,52	0	3,37	2,36	39,39	-
Sapucaia do Sul	24,68	22,67	8,56	5,54	2,02	3,78	32,74	-
São Leopoldo	58,65	13,3	12,3	1,72	1,34	1,52	-	11,17

Fonte: adaptado de PROSINOS (2012)

Com exceção do município de São Leopoldo, os municípios vizinhos de Novo Hamburgo utilizaram-se da classe ‘rejeito’ na análise da composição gravimétrica, reduzindo as frações dos resíduos orgânicos. Estância Velha e Dois Irmãos, por exemplo, apresentaram valores de matéria orgânica de 6,9% e 18,23%, respectivamente. Estes valores divergem muito do sugerido pela ABRELPE (2012) com a média brasileira (51%).

Ainda referente à Novo Hamburgo, Lazarri (2010) analisou os RSU objetivando implantar o processo de compostagem na central de triagem da Roselândia. Ele utilizou da metodologia disponível por Jardim e Wells (1995) e realizou as amostragens em três datas e bairros diferentes. O autor classificou os resíduos em 3 classes (reciclável, orgânico e rejeito) e obteve os resultados disponíveis na Tabela 21:

Tabela 21 – Valores (%) encontrados por Lazzari (2010) para o RSU de Novo Hamburgo

Resíduo	Bairros			Média
	Primavera*	Vila Kraemer**	Boa Vista***	
Reciclável	28,50	23,00	30,00	27,17
Orgânico	38,50	53,00	51,50	47,67
Rejeito	33,00	24,00	18,50	25,17
Total	100	100	100	100

*Amostra realizada em julho de 2008

**Amostra realizada em março de 2009

***Amostra realizada em julho de 2009

Fonte: Adaptado de Lazzari (2010)

Quanto aos resíduos definidos por Lazzari (2010) com ‘recicláveis’, estes corresponde a 27,17%, valor próximo aos principais recicláveis (papel, plástico, metias ferrosos e não-ferrosos) dos resultados obtidos que representam 29,61%. A fração orgânica, obtida neste estudo (57,13%,) e a disponibilizada por Lazzari (2010) (47,67%) podem gerar discussões a partir da definição e classificação de resíduos dentro do grupo ‘rejeitos’. A Vila Kraemer, um dos locais amostrados por Lazzari (2010), foi contemplado entre os amostrados neste estudo, fazendo parte do setor 13 (Canudos: Vila Kraemer / Vila Kunz). Os valores de matéria orgânica, por exemplo, disponíveis por Lazzari (2010) correspondem a 53%, já os encontrado neste trabalho resultaram em aproximadamente 60%. Resíduos com pouca sujeira, ou até mesmo materiais facilmente degradáveis sujos com matéria orgânica, como papeis, podem ter sido classificados como rejeito, porém se encaixariam perfeitamente dentro do grupo ‘orgânico’. Ainda considerando os valores obtidos para a Vila Kraemer, os ‘recicláveis’ disponíveis por Lazzari (2010) resultam em 23%, já os encontrados neste trabalho (somando os principais: papel, plástico, metais ferrosos e não-ferroso) resultam em valores próximos a 31%. Além da classificação de cada material dentro das classes de resíduos adotadas, influências como sazonalidade, metodologia adotada, número de amostras, entre outras, podem ter resultado nas diferenças entre os resultados.

Maiores discussões sobre a matéria orgânica, resíduos recicláveis, resíduos da logística reversa, RSS e resíduos sólidos industriais (RSI) que compõem a massa de RSU do município são realizadas a seguir.

4.1.1 Matéria orgânica

Entre os setores de maior destaque devido aos valores de matéria orgânica encontram-se os setores 2 (Centro: Guarani), 9 (Diehl e Roselândia), 10 (Canudos e Hamburgo Velho), 13 (Canudos: Vila Kraemer/ Vila Kunz), 17 (Canudos: Iguçu /Kipling /Marisol) e 19 (Lomba Grande - área rural do município). Os resultados obtidos para o setor 2 (Figura 16), em comparação aos resultados obtidos no galpão de reciclagem do bairro Centro (Figura 17), que recebe materiais da coleta seletiva desta região, não reflete uma alteração significativa. Esperava-se, por exemplo, um valor muito superior de matéria orgânica e muito inferior de materiais recicláveis para o RSU deste setor. Ou seja, a aderência ao processo de coleta seletiva pela população reduziria as frações de recicláveis nos RSU, conseqüentemente, aumentando a participação de resíduos orgânicos, em termos de porcentagem.

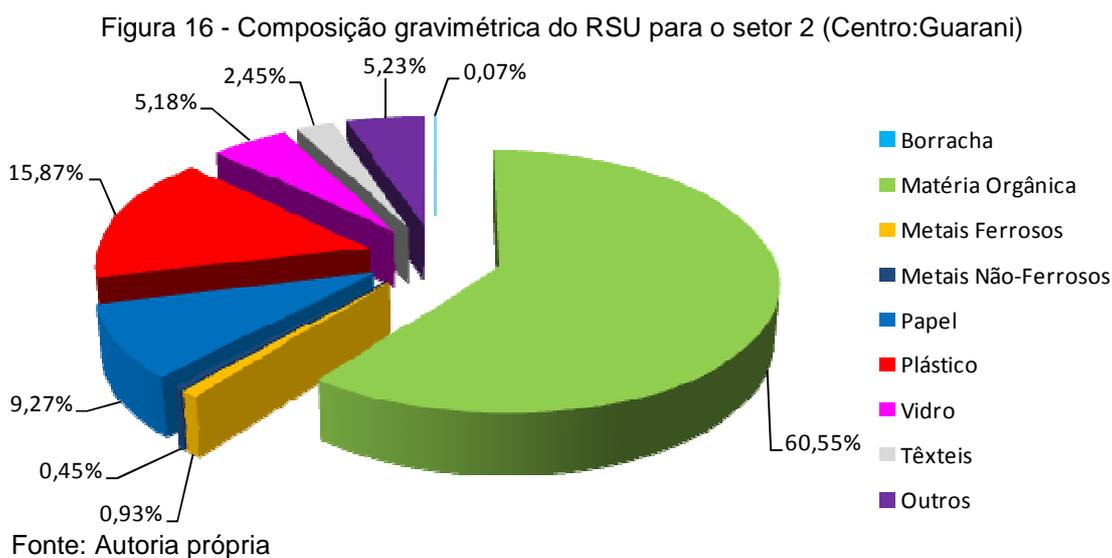
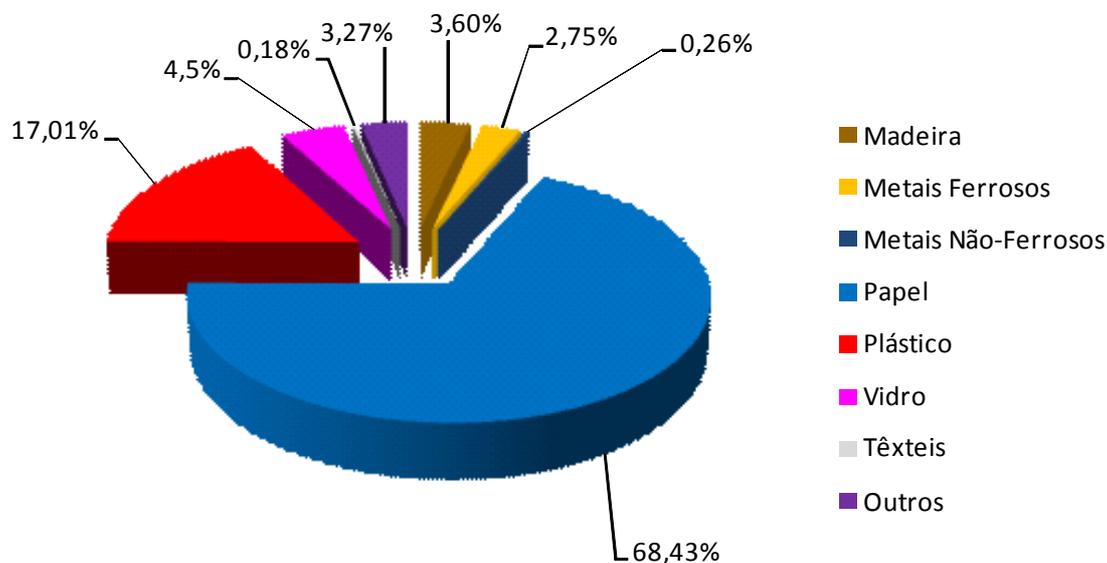


Figura 17 - Composição gravimétrica dos resíduos do galpão de reciclagem do Centro



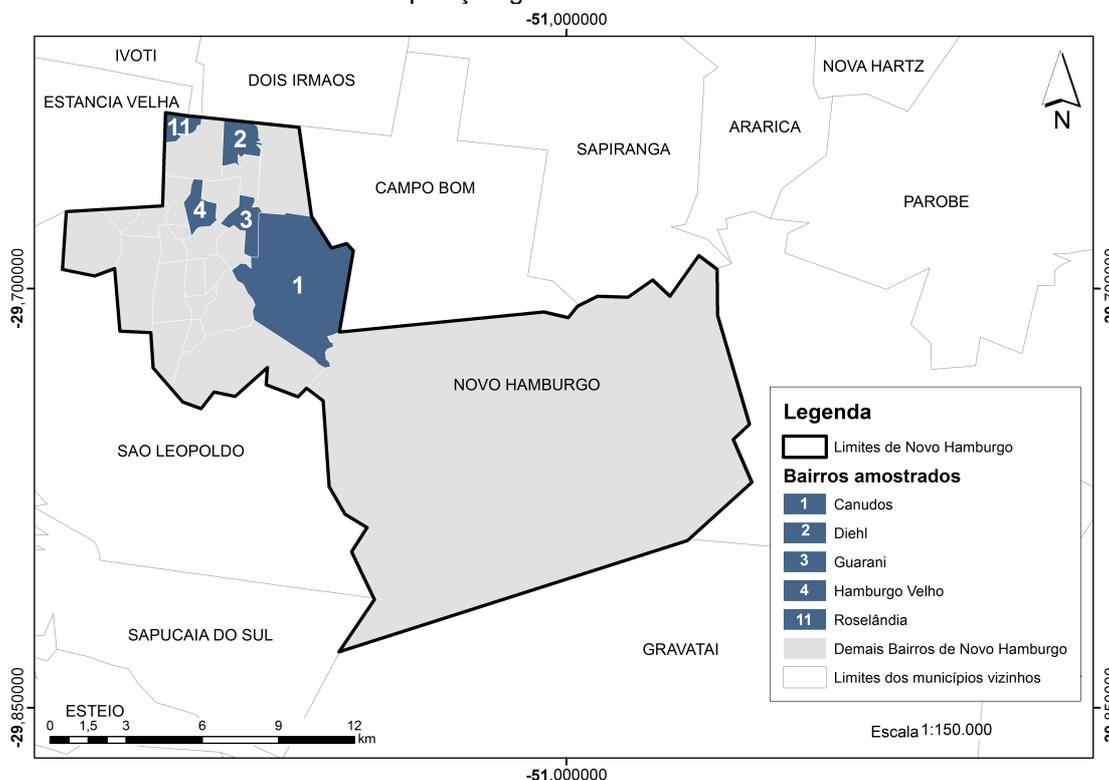
Fonte: Autoria própria

Os valores de matéria orgânica do setor 2 correspondem a 60,55%, apesar de alto, pouco acima da média obtida para o município (57,13%), e os resíduos plásticos, mesmo se tratando de materiais recicláveis, correspondem a 15,87%, superior também à média encontrada para o município (14,82%). Os resíduos de papel apresentaram valores inferiores à média (12,69%) no setor 2 (9,27%), porém pouco expressivos, visto que encontra-se implementada a coleta seletiva nesta região. Estes resultados expressam a necessidade da ampliação na adesão da coleta de materiais recicláveis no setor, visto que apesar da implantação desta atividade, os valores dos materiais recicláveis encontram-se muito próximos da média encontrada para o município. O reforço nas práticas de educação e conscientização ambiental e a ampliação dos setores contemplados e horários de coleta seletiva poderiam vir a resultar em valores mais expressivos de recicláveis e a redução da destinação destes tipos de materiais para aterros. As maiores frações da composição gravimétrica dos resíduos da coleta seletiva destinados ao galpão de reciclagem referem-se aos resíduos de papel (68,43%), plástico (17,01%) e vidro (4,5%). A grande fração de papéis encontrada no galpão de reciclagem do Centro é resultado, principalmente, da adesão dos comerciantes locais na entrega de seus

resíduos, em grande parte de embalagens, para a cooperativa. Os materiais que compõem o grupo 'outros' é composto basicamente por resíduos eletroeletrônicos, em maior quantidade, e embalagens tetra pak.

Além do setor 2 (Centro:Guarani), outros setores apresentam valores de matéria orgânica acima de 60% (setores 9, 10, 13, e 17). A distribuição espacial dos bairros que compõem os setores com valores de matéria orgânica superiores a 60% e a classificação socioeconômica disponibilizada encontram-se disponíveis na Figura 18.

Figura 18 – Bairros que compõem os setores com mais de 60% de matéria orgânica na composição gravimétrica dos RSU

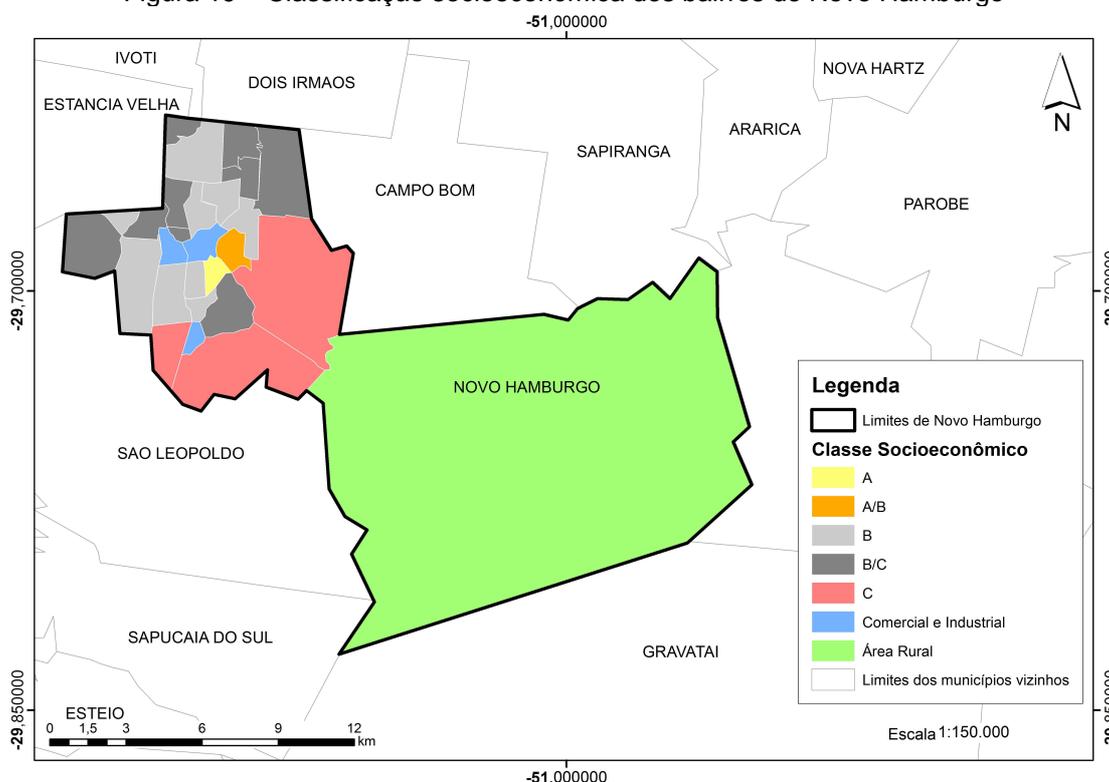


Fonte: Autoria própria

Os bairros que apresentavam frações maiores que 60% de matéria orgânica foram classificados, segundo a UNEP (2009) (Figura 19) como classe B (Centro: Guarani e Hamburgo Velho), classe B/C (Diehl e Roselândia) e classe C (Canudos). Os maiores valores de matéria orgânica são apresentados pelos setores 9 (Diehl e Roselândia), com aproximadamente 70% e setor 17

(Canudos), com aproximadamente 69%. Observa-se que estes setores foram classificados socioeconomicamente como classe B/C e classe C, levando-se em considerações fatores como renda, valores das moradias e *status* familiar (UNEP, 2009). Os bairros Canudos e Diehl são definidos como dois dos bairros de maior carência e mais críticos socialmente no município de Novo Hamburgo (Soares, 2012).

Figura 19 – Classificação socioeconômica dos bairros de Novo Hamburgo

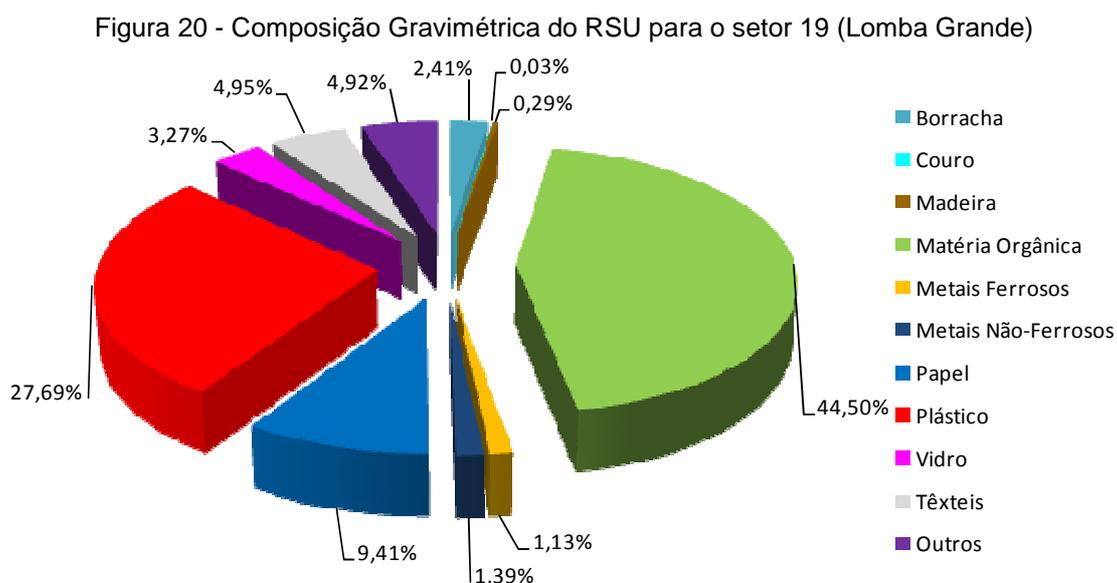


Fonte: Adaptado de UNEP (2009)

Desta forma os resultados corroboram com a literatura que sugere a presença de maiores frações orgânicas em regiões de maior carência (Tchobanoglous e Kreith, 2002; *World Bank*, 2012; Worrell e Vesilind, 2012).

O setor 19 (Lomba Grande) corresponde à área rural de Novo Hamburgo, segundo o plano diretor do município uma área de ocupação rarefeita (Novo Hamburgo, 2004). Os resultados deste setor apresentam uma baixa fração orgânica de resíduos (44,50%) e uma alta fração de resíduos

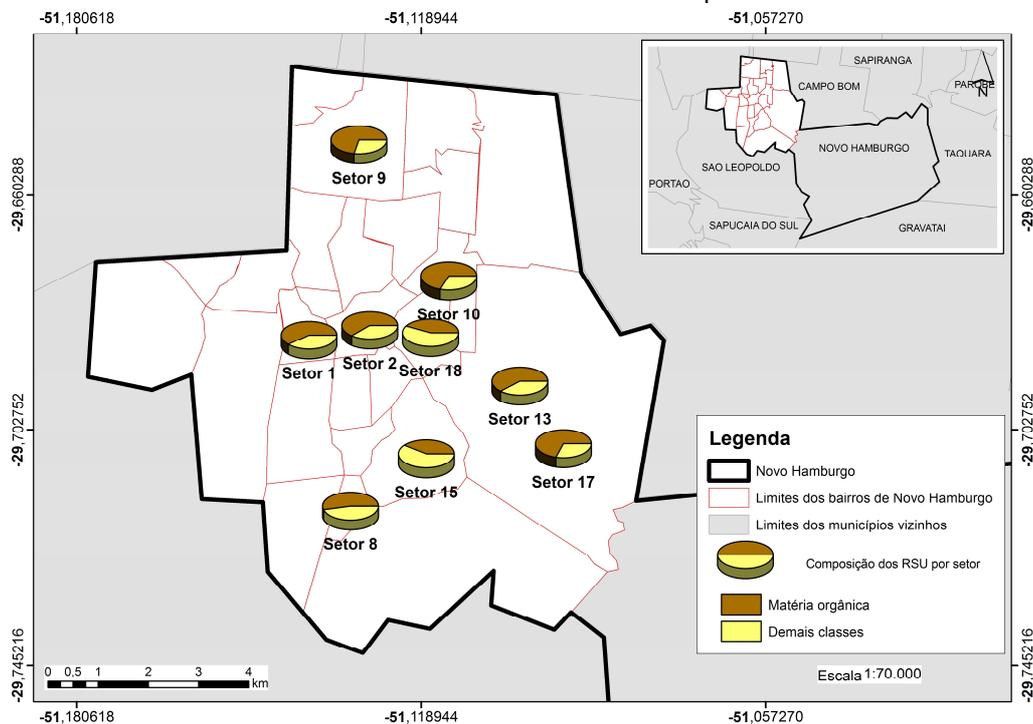
recicláveis, principalmente os plásticos (27,69%). A prática de destinar os resíduos sólidos orgânicos a pequenas hortas pode ser o grande responsável pela baixa fração deste material na composição gravimétrica obtida para este setor (Figura 20), em comparação com a média final (aproximadamente 57%).



Fonte: Autoria própria

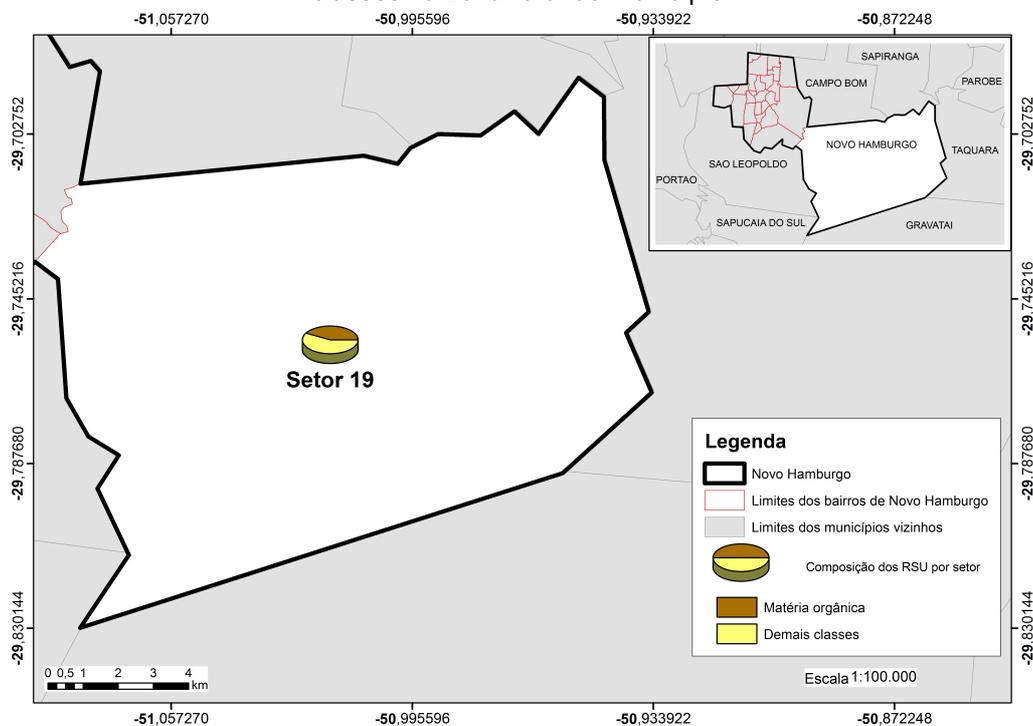
A partir dos resultados obtidos foi possível elaborar o mapa de distribuição espacial da fração orgânica dos RSU (Figura 21 e Figura 22). Os resíduos foram separados em matéria orgânica e demais classes de resíduos.

Figura 21 – Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos orgânicos e das demais classes na zona urbana do município



Fonte: Autoria própria

Figura 22 - Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos orgânicos e das demais classes na zona rural do município



Fonte: Autoria própria

Os resultados apresentados indicam a redução da fração orgânica na composição gravimétrica partindo do centro do município (setor 18) em direção ao sul do município (setor 15), incluindo ainda o setor 19. Esta análise indica a necessidade de maior atenção para a potencial coleta de resíduos orgânicos nas demais regiões do município e poderia auxiliar no planejamento logístico de possíveis atividades e ações públicas. Considerando a grande fração orgânica gerada (57,13%), associando-se a isto um sistema de coleta deste tipo de RSU, poder-se-ia incrementar a taxa de matéria orgânica com melhor qualidade de ser aplicada em um futuro processo de compostagem a ser utilizado no município.

4.1.2 Resíduos recicláveis

Os resíduos recicláveis mais importantes foram agrupados na Tabela 22 com suas frações arredondadas por setor. Os resíduos de metais ferrosos e não ferrosos foram agrupados como 'metais'.

Tabela 22 – Frações de resíduos recicláveis por setor

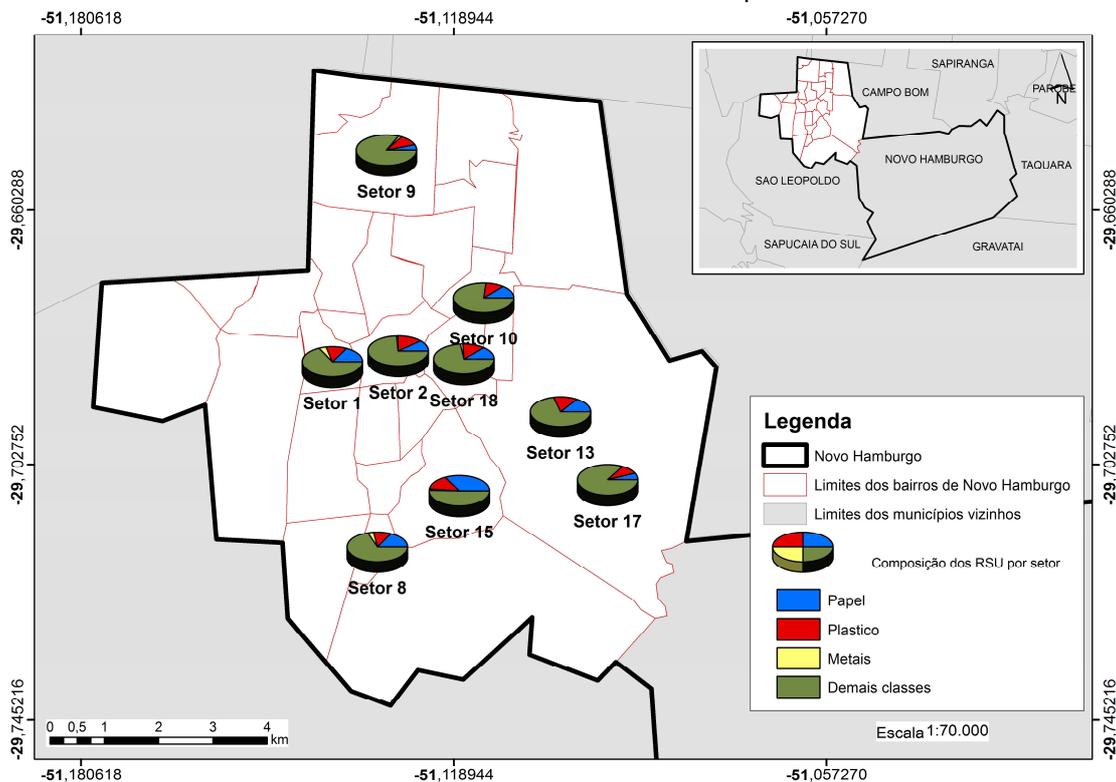
Resíduos	Setor 1	Setor 2	Setor 8	Setor 9	Setor 10	Setor 13	Setor 15	Setor 17	Setor 18	Setor 19	Média
Papel	15	9	15	4	11	13	35	5	11	9	13
Plástico	15	16	13	10	12	17	13	9	15	28	15
Metais	5	1	4	2	1	1	1	1	2	3	2
Demais classes	66	73	68	84	76	69	50	85	73	60	70

Os setores 15 (Rondônia) e 19 (Lomba Grande) correspondem aos setores com maiores valores de materiais recicláveis (50% e 40% respectivamente). O setor 15 corresponde ao setor de coleta do bairro Rondônia e apresentou 35% de resíduos de papel, maior fração entre todos os setores para este tipo de resíduo. Devido a este resíduo o setor apresentou o maior valor de recicláveis entre os setores, apesar dos seus valores de plástico (13%) e metais (1%) não serem significativos, como visto anteriormente (Tabela 22). O bairro foi classificado socioeconomicamente pela UNEP (2009)

como classe B/C. O setor 19, segunda maior fração de recicláveis, corresponde à área rural do município de Novo Hamburgo, fator que pode ter sido determinante para estes valores, devido a hábitos como a disposição de resíduos orgânicos em pequenas hortas ou ainda para a alimentação de animais de criação, como porcos ou galinhas como principais responsáveis pela redução dos orgânicos e consequente aumento dos recicláveis na fração dos RSU, em porcentagem.

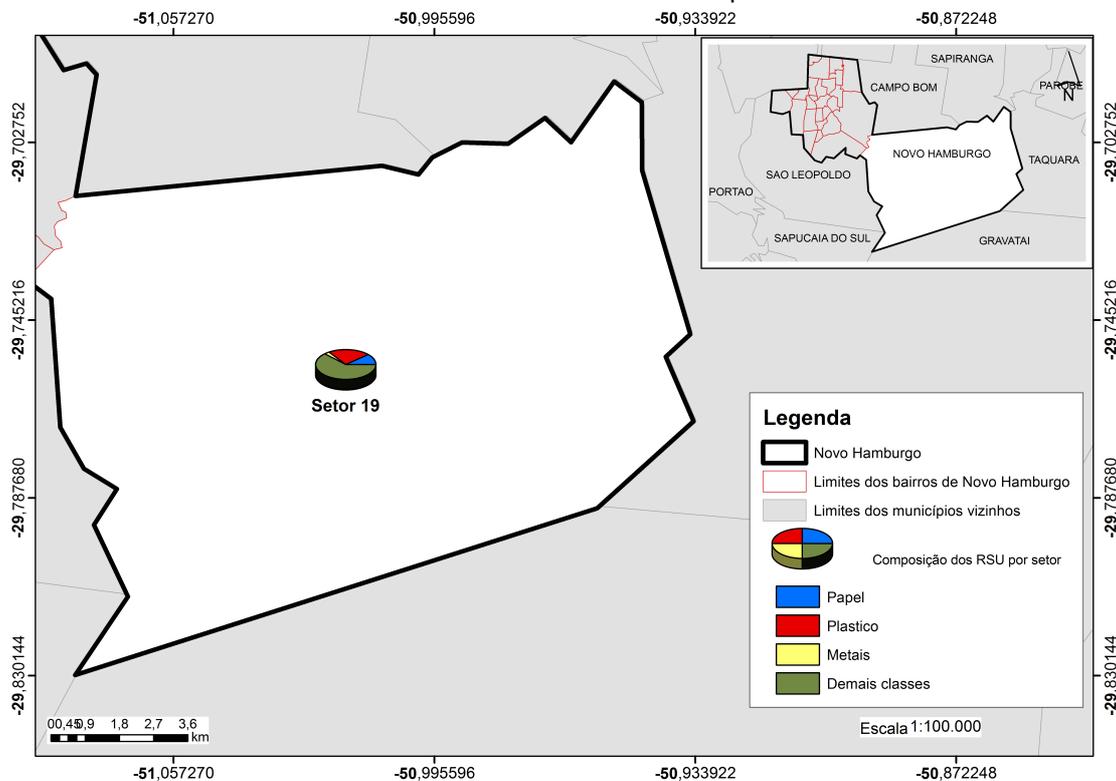
As análises por setores permitiram elaborar mapas contendo a distribuição espacial das frações dos principais resíduos recicláveis (papel, plástico e metais ferrosos e não ferrosos) o que auxiliaria nas ações de planejamento para a implantação de ações de coleta seletiva destes materiais (Figura 23 e Figura 24).

Figura 23 – Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos recicláveis e das demais classes na zona urbana do município



Fonte: Autoria própria

Figura 24 – Mapa de distribuição espacial das frações de resíduos recicláveis e das demais classes na zona rural do município



Fonte: Autoria própria

Considerando a localização espacial dos resultados mais significativos em termos de materiais recicláveis (setores 15 e 19) não é possível definir uma região ou zona onde há maior geração deste, ou ainda estabelecer uma relação com divisão socioeconômica da UNEP (2009). Demais características sociais, econômicas ou culturais podem ter influenciado nestes resultados. Esta falta de padrão na distribuição espacial é observada também quando da análise individual de cada um dos materiais recicláveis. Ao passo que o setor com maior ocorrência de resíduos de papel corresponde ao setor 15, o resíduo plástico é mais representativo no setor 19, já os metais nos setores 1 e 18.

4.1.3 Resíduos sólidos industriais

A classe de resíduos 'couro' adotada no presente estudo se deu devido às características industriais da região, em que a base de sua economia gira em torno da indústria coureiro calçadista (Novo Hamburgo, 2014). A fração média dos resíduos de couro na composição gravimétrica obtida para Novo Hamburgo resultou em 0,4%, porém estes resíduos se classificam como resíduos sólidos indústrias (RSI), e não poderiam ser descartados junto aos RSU. A responsabilidade da destinação final dos RSI é da empresa geradora e não do poder público, que tem sua responsabilidade restrita à destinação dos RSU (Brasil, 2007).

Assim como os RSI de couro, as embalagens de óleos lubrificantes não deveriam ser descartadas junto aos RSU do município, sendo responsabilidade dos geradores a correta destinação destes resíduos. Estudos recentes de Tubino et. al. (2015) voltados ao inventário dos RSI de Novo Hamburgo evidenciaram que 41 indústrias declararam destinar algum tipo de RSI para o tipo de destinação 'Lixo da Prefeitura', no ano de 2013. Os principais tipos de indústrias são apresentados na Tabela 23, segundo CNAE, e na Tabela 24, segundo porte e potencial poluidor. Os tipos de resíduos declarados como sendo destinados junto ao RSU são apresentados na Tabela 25.

Tabela 23 – Principais indústrias destinadoras de RSI junto ao RSU

CNAE	Quantidade	%
15.10-6-00 - Curtimento e outras preparações de couro	4	9,8
25.99-3-99 - Fabricação de outros produtos de metal não especificados anteriormente	4	9,8
45.30-7-04 - Comércio a varejo de peças e acessórios usados para veículos automotores	2	4,9
13.59-6-00 - Fabricação de outros produtos têxteis não especificados anteriormente	2	4,9
15.21-1-00 - Fabricação de artigos para viagem, bolsas e semelhantes de qualquer material	2	4,9
22.29-3-01 - Fabricação de artefatos de material plástico para uso pessoal e doméstico	2	4,9
213-5 - Empresário (Individual)	1	2,4
24.41-5-02 - Produção de laminados de alumínio	1	2,4
25.39-0-02 - Serviços de tratamento e revestimento em metais	1	2,4
27.90-2-99 - Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente	1	2,4
45.20-0-01 - Serviços de manutenção e reparação mecânica de veículos automotores	1	2,4
15.40-8-00 - Fabricação de partes para calçados, de qualquer material	1	2,4
22.29-3-99 - Fabricação de artefatos de material plástico para outros usos não especificados anteriormente	1	2,4
13.40-5-99 - Outros serviços de acabamento em fios, tecidos, artefatos têxteis e peças do vestuário	1	2,4
20.99-1-99 - Fabricação de outros produtos químicos não especificados anteriormente	1	2,4
Outros	16	39,0
Total	41	100

Fonte: adaptado de Tubino et. al. (2015)

Tabela 24 – Perfil das indústrias destinadoras de RSI junto ao RSU

Porte	Potencial Poluidor			Total
	Baixo	Médio	Alto	
Mínimo	4	8	1	13
Pequeno	5	11	1	17
Médio	1	2	6	9
Grande	0	1	1	2
Total	10	22	9	41

Fonte: adaptado de Tubino et. al. (2015)

Tabela 25 – Resíduos industriais declarados como destinados juntos ao RSU do município em 2013

Código*	Descrição do resíduo	Quantidade (t)
A0060	Resíduo de papel, papelão	5,84
A0010	Resíduo de restaurante (restos de alimentos)	4,61
N000	Não informado	3,89
A0071	Resíduo plástico (filmes e pequenas embalagens)	1,23
A0081	Resíduo de EVA	0,35
A0100	Resíduo de materiais têxteis (tecidos, panos não contaminados)	0,04
Total		15,96

*Códigos de resíduos disponíveis pela FEPAM e adotados pela SEMAM no licenciamento ambiental.

Fonte: Adaptado de Tubino et. al. (2015)

Há uma predominância das indústrias de curtimento e outras preparações de couro, uma das indústrias características da região, e indústrias de fabricação de produtos de metal, ambas com 9,8% do total. Porém as frações dos demais tipos de indústrias não diferem muito, demonstrando a grande diversidade de setores que adotam a prática da destinação de diversos tipos de RSI junto ao RSU. O perfil destas indústrias em grande parte é composto de indústrias de pequeno e mínimo porte. A falta ou inexistência de um corpo técnico na área ambiental, ou ainda os custos envolvidos para a destinação de poucas quantias de RSI provavelmente sejam os responsáveis pela destinação de seus resíduos junto aos RSU.

Apesar de não apresentar nenhum tipo de resíduo perigoso, a Tabela 25 demonstra a grande quantidade (15,96 toneladas) de RSI destinados junto dos RSU. Alguns dos resíduos declarados poderiam ser destinados para outras formas de destinação como a compostagem, no caso dos resíduos de restaurante, e reciclagem ou reutilização, no caso dos resíduos de papel e papelão, plástico e resíduos de EVA. A presença de uma grande quantidade de resíduos declarados como 'não informado' (3,89 toneladas) abre espaço para uma série de dúvidas como o tipo de resíduos que se tratam, se deveriam passar pelo processo de logística reversa, suas potenciais oportunidades de reciclagem/ reutilização ou ainda o seu grau de periculosidade.

4.1.4 Demais classes de resíduos

Muitos dos resíduos encontrados e classificados como 'outros' possuem legislação específica e deveria receber maior atenção pela administração pública em programas de conscientização da população, orientando quanto ao seu descarte correto. Dentre estes resíduos destacam-se os resíduos eletroeletrônicos, pilhas e baterias, embalagens contaminadas com óleo e lâmpadas os quais são diretamente citados pela PNRS (Brasil, 2010a) como resíduos que devem receber o processo da logística reversa. Barros (2012)

destaca o aparecimento atual dos resíduos eletroeletrônicos, devido ao seu baixo custo, alto custo de conserto, a rápida evolução tecnológica, condenando aparelhos em bom estado de funcionamento à obsolescência. Worrell e Vesilind (2012) e D'ALMEIDA (2000) alertam sobre a existência de componentes potencialmente perigosos nos RSU, inclusive destacando a presença de pilhas e lâmpadas fluorescentes, entre outros. Também foram classificados dentro do grupo 'outros', resíduos como medicamentos e outros resíduos hospitalares, que além do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), possui legislação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004), que orienta quanto à sua correta destinação. Dados da ABRELPE (2012) indicam a destinação de resíduos de serviço de saúde (RSS) destinados a aterro em aproximadamente 22% dos municípios, além de outras destinações como 'lixão' (13%) e vala séptica (6%).

Resíduos de Construção e Demolição (RCDs) também foram identificados em quantidades pequenas, resultado, talvez, da aplicação da legislação local (Novo Hamburgo, 2004), que dispõe sobre o Programa Municipal de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos, proibindo a disposição deste tipo de resíduos em aterros domiciliares. Nos estudos realizados por Pinto (1999), chegou-se a conclusão de que os RCDs constituem nas áreas urbanas algo entre 40% e 70% do total de resíduos sólidos urbanos, dependendo do grau de crescimento imobiliário do município e das estratégias de gestão desenvolvidas.

Outros resíduos classificados como 'outros', destacam-se embalagens flexíveis metalizadas, isopor e tetra pak, este último maior representante deste grupo de resíduos. O PROSINOS (2012) incluiu na composição gravimétrica do município de Novo Hamburgo a classe embalagens tetra pak, representando 1,11% do total (Figura 15), devido à grande representação deste tipo de resíduo na composição gravimétrica atual dos RSU brasileiro.

4.2 DENSIDADE DOS RSU DE NOVO HAMBURGO

A densidade média dos RSU de Novo Hamburgo amostrados obteve valores que variaram de 137 a 223 kg/m³. Como média final obteve-se o valor de 173 kg/m³ (Tabela 26), que encontra-se acima dos valores sugeridos por Worrell e Vesilind (2012) (90 a 150 kg/m³) e bem abaixo dos citados pelo MMA (2012) como a média brasileira (250 kg/m³). A presença de uma fração considerável de plástico (média final igual a 14,82%) possivelmente seja um dos responsáveis por manter valor abaixo do estipulado pelo MMA (2012).

Tabela 26 – Densidade dos RSU amostrados em Novo Hamburgo-RS

Setores	Bairros	Densidade (kg/m³)
Setor 1	Pátria Nova / Rio Branco / Vila Nova	204
Setor 2	Centro: Guarani	173
Setor 8	Industrial / Ouro Branco / Santo Afonso	144
Setor 9	Diehl / Roselândia	188
Setor 10	Canudos: Vila Kunz / Hamburgo Velho	177
Setor 13	Canudos: Vila Kraemer; Vila Kunz	137
Setor 15	Rondônia	172
Setor 17	Canudos: Iguazu; Kipling; Mirasol	223
Setor 18	Canudos: Vila das Flores / Centro: Guarani	155
Setor 19	Lomba Grande (área rural)	154
Média		173

Dados disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014) referente à estação mais próxima (estação 83967 em Porto Alegre) demonstram as condições de precipitação, temperatura média e umidade relativa média (Tabela 27) para os dias de ensaio na Roselândia. É difícil inferir sobre as possíveis influências destes fatores nos resultados de densidade encontrados, visto que os valores de temperatura não foram elevados, e apesar da presença da alta umidade relativa média e algumas precipitações, os valores de densidade ficaram abaixo do sugerido pelo MMA (2012).

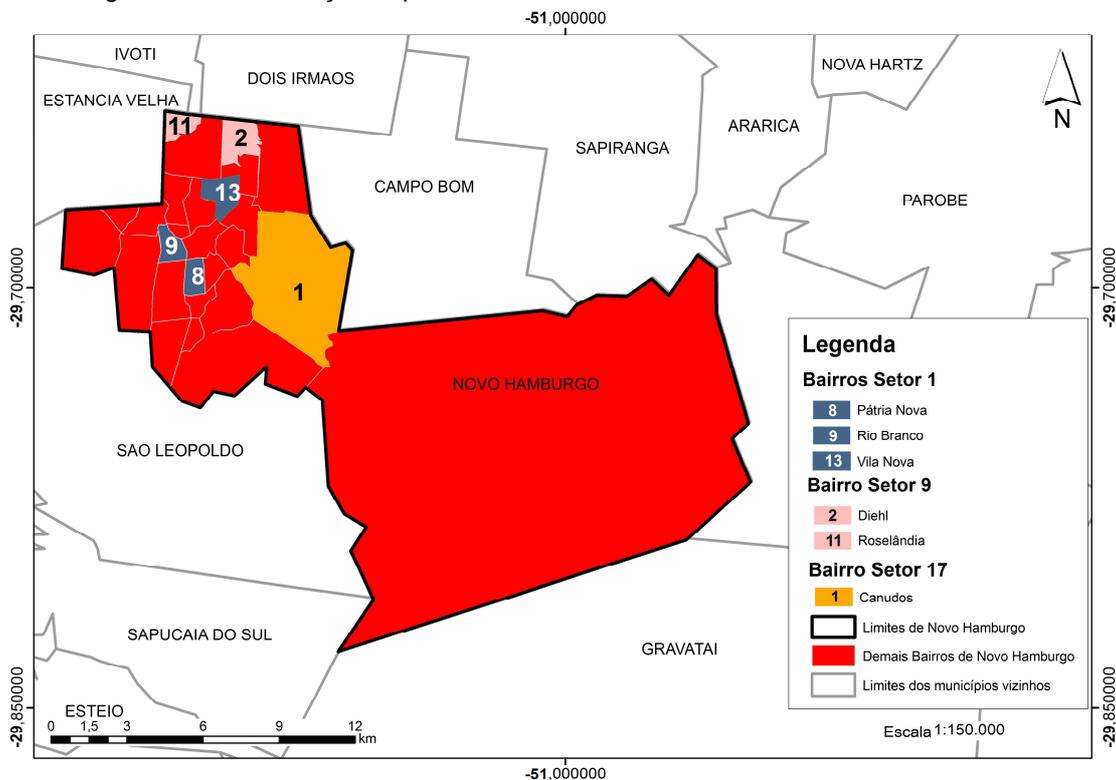
Tabela 27 – Dados da estação meteorológica mais próxima do município no período amostrado

Data	Precipitacao (mm)	Temp Comp Media (°C)	Umidade Relativa Media (%)
24/03/2014	0	21,06	73,00
25/03/2014	0	22,44	75,50
26/03/2014	0	22,66	77,50
27/03/2014	0	24,16	77,75
28/03/2014	0	25,36	72,00
29/03/2014	0	26,36	67,00
30/03/2014	0	25,96	79,50
31/03/2014	15,2	23,12	91,75
01/04/2014	11,9	23,32	91,00
02/04/2014	2,8	23,82	82,00
03/04/2014	0	23,64	77,50

Fonte: INMET, 2014.

Consideram-se a variação da umidade na massa de resíduos e diferentes quantidades de orgânicos que compunham as amostras de cada setor os principais responsáveis pela variação dos resultados de densidade. Os setores com os maiores valores de densidade (Setores 1, 9 e 17) apresentam valores muito altos de matéria orgânica. Estes setores, seus bairros e sua distribuição espacial são apresentados na Figura 25.

Figura 25 – Localização espacial dos bairros com maiores valores de densidade



Fonte: Autoria própria

Dentre os setores com maiores valores de densidade destaca-se o setor 17 (Canudos: Iguazu; Kipling; Marisol), que apresentou 68,90% de resíduos orgânicos composto basicamente por resíduos como restos de alimentos, podas de jardim, folhas, entre outros. Estes tipos de materiais apresentam maior quantidade de umidade (Worrell e Vesilind, 2012). Vale destacar que este setor é classificado conforme a UNEP (2009) como classe C, resultando em maiores quantidades de matéria orgânica e maiores densidades (Tchobanoglous e Kreith, 2002; Worrell e Vesilind, 2012; *World Bank*, 2012). Porém ao mesmo passo o setor 10 (Canudos: Vila Kunz / Hamburgo Velho) apresentou aproximadamente 68% de resíduos de matéria orgânica e não figurou entre as maiores densidades, resultado, provavelmente, da sua baixa umidade.

4.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RSU DE NOVO HAMBURGO

O tratamento estatístico básico, como média, desvio padrão e variância foi realizado para cada tipo de resíduo classificado na composição gravimétrica dos RSU de Novo Hamburgo (Tabela 28).

Tabela 28 – Parâmetros estatísticos dos RSU amostrados em Novo Hamburgo (%)

Tipo de Resíduo \ Parâmetro Estatístico	Média	Desvio Padrão	Variância
Borracha	0,69	0,79	0,63
Couro	0,40	0,90	0,82
Madeira	0,35	0,43	0,19
Matéria Orgânica	57,13	10,76	115,71
Metais Ferrosos	1,61	1,19	1,41
Metais Não-ferrosos	0,49	0,36	0,13
Papel	12,69	8,60	73,91
Plástico	14,82	5,19	26,98
Vidro	3,61	1,52	2,32
Têxteis	4,34	3,85	14,86
Outros	3,86	1,71	2,92

O maior valor de desvio padrão encontrado foi o da matéria orgânica (10,76). Este valor sugere que as amostras abrangeram setores de coleta com características socioeconômicas diversas, pois conforme World Bank (2012) os resíduos orgânicos variam de acordo com a renda da população. Desta forma considera-se que a média final obtida para a composição gravimétrica dos RSU provavelmente seja representativa para o município. O valor de desvio padrão do papel (8,60) é resultado da diversidade de valores encontrados para este material nos setores amostrados (de 4 a 34%). As menores frações de papel em alguns bairros podem ser reflexo da presença de catadores informais, que realizaram a catação destes materiais antes da coleta municipal. Este fato já foi destacado na avaliação da composição gravimétrica de alguns bairros do município de Novo Hamburgo (UNEP, 2009)

As estatísticas dos dados obtidos foram comparadas com os valores disponibilizados pelo MMA (2012). Estas comparações podem ser observadas

na Tabela 29. Os dados disponibilizados pelo MMA (2012) referem-se ao levantamento de trabalhos voltados à caracterização da composição gravimétrica dos RSU de 93 municípios brasileiros.

Tabela 29 – Comparação das estatísticas obtidas para Novo Hamburgo com o MMA

Tipo de Resíduo	Parâmetro Estatístico	Média (%)		Desvio Padrão		Variância	
		Novo Hamburgo	Brasil	Novo Hamburgo	Brasil	Novo Hamburgo	Brasil
Borracha		0,69	Nd*	0,79	Nd*	0,63	Nd*
Couro		0,40	Nd*	0,90	Nd*	0,82	Nd*
Madeira		0,35	Nd*	0,43	Nd*	0,19	Nd*
Matéria Orgânica		57,13	51,42	10,76	11,40	115,71	129,94
Metais Ferrosos		1,61	Nd*	1,19	Nd*	1,41	Nd*
Metais Não-ferrosos		0,49	Nd*	0,36	Nd*	0,13	Nd*
Papel		12,69	13,08	8,60	4,76	73,91	22,69
Plástico		14,82	13,56	5,19	4,10	26,98	16,81
Vidro		3,61	2,44	1,52	1,11	2,32	1,24
Têxteis		4,34	Nd*	3,85	Nd*	14,86	Nd*
Outros		3,86	16,69	1,71	9,82	2,92	96,52

Nd* - Valores não disponibilizados em nenhum estudo encontrado

Fonte: MMA (2012)

Os resultados indicam a proximidade do valor médio obtido para o resíduo de matéria orgânica com os dados do MMA (2012). A maior variância dos valores de matéria orgânica disponíveis pelo MMA (2012) sugere que existe uma maior diversidade social entre os municípios analisados, assim como considerado para os setores amostrados em Novo Hamburgo.

Dois dos principais resíduos recicláveis (papel, e plástico) também apresentam valor médio próximo aos do MMA (2012). Apesar de médias muito próximas (papel em Novo Hamburgo 12,69% e papel do MMA 13,08%; plástico em Novo Hamburgo 14,82% e plástico do MMA 13,56%) a variação para os resíduos de Novo Hamburgo são muito superiores aos do MMA (2012). A menor variância dos valores apresentados pelo MMA, para estes dois tipos de materiais, sugere a pouca aplicação da coleta seletiva nos municípios brasileiros (3,1% segundo SNIS, 2012). A presença deste sistema de coleta em um maior número de municípios, provavelmente resultaria em valores menores destes dois tipos de materiais. Devido ao trabalho do MMA (2012) representar a união de várias amostragens ao longo do país, sem destacar a metodologia aplicada, assim como cada tipo de resíduo que compõe esta fração, não seria

correto realizar esta afirmação referente a comparações da fração definida como 'outros'.

4.4 EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE TRIAGEM DOS RSU

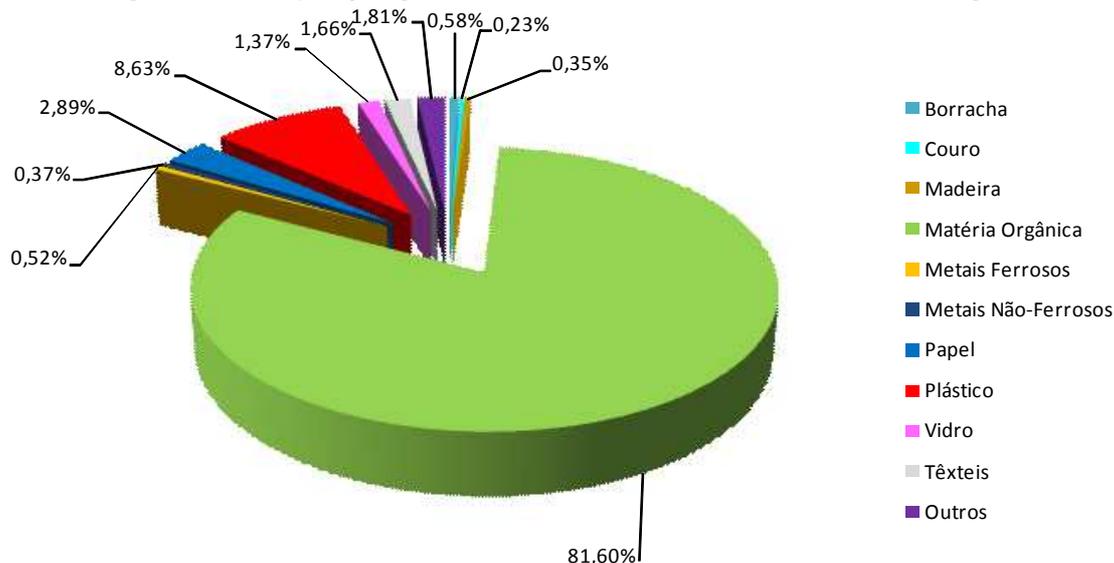
A avaliação da eficiência do processo de triagem se deu através da análise da composição gravimétrica dos resíduos que saíam das esteiras de triagem, em comparação aos valores obtidos para a análise da composição gravimétrica dos RSU ao longo dos 5 dias amostrados. Os resultados obtidos apresentam pouca variação, com exceção da amostra realizada no dia 01 de abril de 2014. Nesta data os resíduos que saíam das esteiras de triagem apresentaram uma fração maior de plásticos, com relação aos demais dias. Esta maior representação dos resíduos plásticos provavelmente seja o responsável pelo menor porcentagem dos resíduos orgânicos nesta data.

Os valores obtidos a partir das amostragens realizadas nos resíduos sólidos resultados do processo de triagem de materiais recicláveis estão disponíveis na Tabela 30 e sua média é ilustrada na Figura 26.

Tabela 30 – Resultados da composição das amostragens realizadas na saída das esteiras de triagem (%)

Resíduos	24/03/2014	26/03/2014	28/03/2014	01/04/2014	03/04/2014	Média
Borracha	0,19	2,01	0,15	0,06	0,48	0,58
Couro	0,00	0,09	0,03	0,35	0,67	0,23
Madeira	0,00	0,35	0,23	0,31	0,89	0,35
Matéria Orgânica	94,13	80,94	85,25	70,05	77,63	81,60
Metais Ferrosos	0,19	0,60	0,68	0,52	0,62	0,52
Metais Não-Ferrosos	0,23	0,31	0,31	0,54	0,44	0,37
Papel	0,85	2,57	3,00	4,93	3,12	2,89
Plástico	2,20	5,96	6,62	17,23	11,13	8,63
Vidro	0,54	2,25	0,97	1,31	1,76	1,37
Têxteis	1,22	1,84	1,40	2,52	1,31	1,66
Outros	0,45	3,09	1,36	2,18	1,95	1,81

Figura 26 - Composição gravimétrica média da saída das esteiras de triagem



Fonte: Autoria própria

As frações de materiais potencialmente recicláveis como papel, plástico, borracha, vidro, metais ferrosos e não ferrosos reduziram significativamente, em comparação à composição gravimétrica média dos setores (Tabela 31).

Tabela 31 – Comparação da composição gravimétrica média (%) dos setores com a saída das esteiras de triagem de RSU

Resíduos	Média dos setores	Saída das esteiras	Eficiência (%)
Borracha	0,69	0,58	16
Couro	0,40	0,23	44
Madeira	0,35	0,35	0
Matéria Orgânica	57,13	81,60	0*
Metais Ferrosos	1,61	0,52	68
Metais Não-Ferrosos	0,49	0,37	25
Papel	12,69	2,89	77
Plástico	14,82	8,63	42
Vidro	3,61	1,37	62
Têxteis	4,34	1,66	62
Outros	3,86	1,81	53

*Obs: Valor negativo expresso pelo numero 0 (zero).

A redução das frações dos resíduos têxteis, couro e os classificados como outros, deduz-se resultar dos procedimentos amostrais adotados, ou ainda resultar da amostra coletada de maneira aleatória não conter estes tipos

de resíduos visto que este tipo de resíduo não é visado para a reciclagem. Os resíduos de matéria orgânica obtiveram grande crescimento na participação da composição gravimétrica, resultado da redução dos demais tipos de materiais que contém algum valor agregado que foram retirados na triagem pelos colaboradores da cooperativa. A fração de 8,63% de resíduos plásticos na composição gravimétrica da saída das esteiras de triagem, por exemplo, se deve à presença de materiais contaminados por outros tipos de resíduos, o que inviabilizaria, ou reduziria seu valor de mercado. Habitzreuter (2008), em um estudo de comparação semelhante, obteve valores que demonstraram comportamento parecidos, apresentando o plástico como o material reciclável de maior fração na composição gravimétrica da saída das esteiras.

Os valores da matéria orgânica obtiveram aumento, comparando a composição gravimétrica dos RSU com a saída das esteiras de triagem. Este resultado representa que conforme reduz-se a participação dos demais tipos de resíduos com alguma potencialidade de reciclagem, a fração de orgânico aumenta, em termos de porcentagem, com relação à massa total de resíduos.

A partir dos valores obtidos pela venda de resíduos sólidos de duas cooperativas do Vale dos Sinos se pode estimar os valores aproximados a serem obtidos com a ampliação da capacidade de triagem dos RSU e coleta. Utilizou-se para o cálculo a porcentagem dos resíduos recicláveis que compõem a massa de resíduos encontrada, as quantidades destinadas para aterro (4.000 t/mês) disponível pelo PROSINOS (2012), valores médios pagos pelos tipos de resíduos, que estão disponíveis na Tabela 32, e os possíveis incrementos na produção da cooperativa. A Equação 1 foi utilizada para se calcular os possíveis incrementos na produção da cooperativa.

Tabela 32 – Potencial incremento na renda da cooperativa de Novo Hamburgo a partir da melhor eficiência da triagem

Tipos de resíduo reciclável	Valor médio em 2013 por kg
Papel / papelão e similares	R\$ 0,98
Plásticos	R\$ 4,27
Metais	R\$ 15,25
Vidros	R\$ 0,13

Fonte: SOARES, 2014³

$$Ap = \left[\sum (Vm * FR * Qr) \right] * Pr \quad (1)$$

Onde:

Ap - possíveis incrementos na produção da cooperativa;

Vm - valores médios pago por tipo de resíduo (Tabela 32) (R\$/kg);

FR – porcentagem dos resíduos recicláveis que compõem a massa de resíduos do município (%);

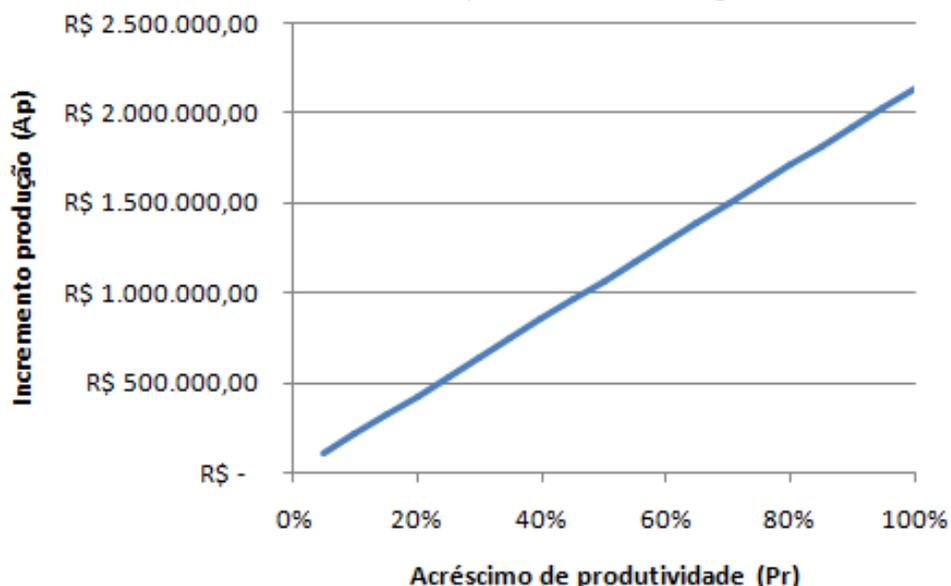
Qr - quantidades destinadas para aterro (4.000 t/mês = 4.000.000 kg/mês);

Pr – acréscimo de produtividade desejado (%).

Os resultados obtidos foram plotados no Figura 27, onde podem ser observados os possíveis valores a serem alcançados com a ampliação da capacidade de coleta da cooperativa instalada atualmente na estação de transbordo do município.

³ SOARES, A. **Planilhas Cooperativas** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <regis_sps@yahoo.com.br> em 20 de fev. de 2014.

Figura 27 – Potencial incremento na renda da cooperativa de reciclagem da central de transbordo do município de Novo Hamburgo



Fonte: Autoria própria

Os valores apresentados iniciaram em 5 a 100% de aumento da produtividade da cooperativa. Os benefícios do aperfeiçoamento dos serviços prestados pela cooperativa refletiriam ainda em benefícios para o órgão público através da redução da destinação de resíduos sólidos para aterros, reduzindo o passivo ambiental do município, e conseqüentemente os custos envolvidos com a destinação dos mesmos. Lazzari (2010) após a realização da avaliação de inúmeras condições operacionais, ambientais e de saúde e segurança do trabalho na central de triagem da Roselândia, identificou uma série de oportunidades de melhorias como aprimoramentos e ampliação do número de esteiras e de associados.

A necessidade de melhorias na capacidade de atendimento da cooperativa não se restringe aos dados atuais. Prognósticos realizados a partir das potenciais futuras gerações de resíduos indicam o desafio que tende a crescer. Utilizando da equação disponível pela RECESA (2008) definiu-se a possível geração de resíduos sólidos para um horizonte de 20 anos. A equação e suas variáveis estão disponíveis na Equação 2:

$$G_t = \{ P_o (1 + Y_p)^t \} \times \{ G_{P_o} \times (1 + Y_{per})^t \} \times C_t \quad (2)$$

G_t = Geração futura de resíduos sólidos após t anos (kg/d);

P_o = população urbana (ou total) do município, num determinado ano;

G_{P_o} = geração *per capita* (kg/hab.dia), num ano, obtida por amostragem ou na literatura;

C_t = nível de cobertura (%) dos serviços de coleta no tempo t considerado;

Y_p = taxa de crescimento da população (%a.a);

Y_{per} = taxa de crescimento anual da geração *per capita* (%a.a);

t = tempo considerado (anos).

Os valores utilizados para a geração *per capita* (kg/hab.dia), taxa de crescimento da população (%a.a) e taxa de crescimento anual da geração *per capita* (%a.a) foram extraídos do PROSINOS (2012), e correspondem a 0,75 kg/hab.dia, 2% e 2,089% respectivamente. Os valores de nível de cobertura (%) dos serviços de coleta no tempo ' t ' foram considerados como 100%, conforme o informado pela mesma fonte como sendo este valor atualmente. Como resultado final se obteve os valores de 402,84 t/dia no ano de 2034, valor inferior ao estimado pelo PROSINOS (2012) que considerou um aumento na geração dos RSU em 5% que resultou num valor de 501,47 t/dia para o ano de 2031. Estas estimativas evidenciam a necessidade de aprimoramento nas ações voltadas à redução, reutilização e reciclagem dos RSU, de modo a minimizar os potenciais custos da gestão dos mesmos.

4.5 SUGESTÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A partir dos resultados obtidos foi possível identificar potenciais políticas públicas a serem sugeridas para o município de Novo Hamburgo. A implantação da compostagem dos resíduos orgânicos, ampliação da coleta seletiva, fomento à educação ambiental da população e melhorias na triagem dos materiais pré destinação final são indicadas como as potenciais atividades iniciais para aprimorar o processo de gestão dos RSU do município.

Os resíduos orgânicos correspondem a aproximadamente 57% da composição gravimétrica média encontrada para o município de Novo Hamburgo. A presença desta grande fração sugere a avaliação da implantação do processo de compostagem deste tipo de resíduo pelo município considerando aspectos técnicos e recursos necessários, assim como a logística deste processo. A implantação de coleta deste tipo de resíduo separadamente dos demais tipos de materiais tornar-se-ia fundamental, reduzindo a carga de materiais não passíveis de serem compostados, além de minimizar a potencial presença de substâncias tóxicas (pilhas e baterias, entre outros) no composto, o que reduziria suas potenciais aplicações. A realização de mais análises é recomendável, visto que em trabalhos realizados por Lazzari (2010) com os RSU de Novo Hamburgo visando à obtenção de um composto orgânico resultaram em um material com elevados valores de cobre, zinco, níquel e mercúrio, por exemplo, levando em consideração valores de referência da qualidade.

A segunda política sugerida se refere à ampliação da coleta seletiva de materiais recicláveis (papel, plástico, vidro, metais) no município. Esta ação deverá ser precedida de conscientização de procedimentos de segregação, periodicidade da coleta, tipos de materiais e suas formas de segregação e a importância desta atividade para a comunidade local.

A terceira política refere-se ao fomento à educação ambiental da população. Esta ação é resultado da identificação dos resíduos perigosos (pilhas, baterias, RSS) e resíduos sujeitos à logística reversa como

embalagens de óleos lubrificantes, eletroeletrônicos, entre outros destinados junto aos RSU. A ampliação do conhecimento da população referente aos potenciais impactos ambientais da disposição inadequada destes tipos de resíduos, assim como a atualização da legislação vigente poderiam se tornar fortes ferramentas de educação ambiental. Além disso, melhorias no processo de educação ambiental da população, auxiliariam no aumento da quantidade de resíduos reciclados, a partir da minimização da mistura de materiais recicláveis e matéria orgânica. A utilização de ecopontos, cooperativas e formas de destinação alternativa, como a compostagem caseira no caso do resíduo orgânico, poderiam vir a se tornar ferramentas auxiliares viabilizadas a partir do aprimoramento da educação ambiental populacional.

A quarta ação sugerida se refere ao aperfeiçoamento do serviço prestado pela cooperativa atualmente responsável pelo processo de triagem dos RSU pré destinação final destes. Os resultados obtidos através da análise da composição gravimétrica da saída das esteiras permitiram identificar a grande quantidade de resíduos sólidos com potencial de reciclagem (aproximadamente 8% de plástico e 3% de papel) (Figura 26). A ampliação das estruturas físicas e do maquinário, como esteiras, auxiliaria no aumento da capacidade de triagem da cooperativa ao volume diário de RSU do município. Entende-se que associado a estas ações, a ampliação do número de colaboradores seria de fundamental importância, porém esta atividade não pode ser considerada como uma responsabilidade da esfera pública.

A última ação sugerida compreende o estudo, planejamento e a implantação de um sistema de coleta seletiva de resíduos das indústrias que geram pequenas quantidades de RSI. A pequena geração, aliada a outros fatores, provavelmente se torna fator determinante para a adoção de práticas de destinação de RSI junto aos RSU por parte de indústrias, principalmente de mínimo e pequeno porte, reduzindo custos de sua operação. A implantação de um sistema de coleta seletiva de resíduos perigosos e não perigosos em cooperação com a esfera pública surge como uma alternativa. Para tal torna-se necessário um estudo de viabilidade técnica e econômica avaliando a

possibilidade de cobrança de uma taxa por este serviço, por exemplo, tornando o sistema auto sustentável. A aplicação deste tipo de serviço minimizaria a destinação ambientalmente inadequada de resíduos, como por exemplo junto aos RSU, auxiliaria o órgão responsável no controle da geração dos RSI pelas indústrias locais, melhoraria a qualidade dos resíduos que chegam à triagem na Roselândia (resíduos livres de potenciais contaminações) e minimizaria a quantidade e por consequência o custo de destinação dos RSU para a disposição final em aterro.

5 CONCLUSÕES

O objetivo geral do trabalho foi atendido a contento, tendo sido realizada a avaliação da composição gravimétrica dos RSU do município de Novo Hamburgo através da aplicação da norma ASTM D5231, específica para a amostragem de RSU.

Conclui-se que deve ser elaborada metodologia específica para amostragem dos RSU brasileiros, assim como existe a ASTM D5231, visto que atualmente a maioria dos estudos brasileiros utiliza-se da NBR 10007 que tem caráter genérico, podendo ser aplicada a qualquer tipo de resíduo. A pouca aplicação da ASTM em estudos no Brasil não permite maiores comparações dos resultados obtidos.

Devido à grande fração de matéria orgânica que compõe os RSU, considera-se que a baixa umidade dos resíduos sólidos seja a grande responsável pelos valores de densidade muito inferiores ao citado pelo Ministério do Meio Ambiente como sendo a média para o Brasil.

A aplicação da metodologia ASTM apresenta vantagens, como por exemplo, a definição da quantidade a ser amostrada. As quantidades, apesar de pequenas, são confirmadas pela literatura como suficientes do ponto de vista amostral, além disso, são perfeitamente manuseáveis pela equipe de pesquisadores.

A diferença na composição gravimétrica dos RSU amostrados e os da saída da esteira indicam a presença de frações de resíduos potencialmente recicláveis como o papel, metais ferrosos, não-ferrosos e, principalmente, plásticos destinados ao aterro sanitário.

Considera-se que as principais diferenças entre os dados obtidos e as referências utilizadas quanto à composição gravimétrica dos resíduos sólidos do município se dê às diferenças de metodologias aplicadas, assim como as

demais influências como sazonalidade, número de amostras, e as diferenças socioeconômicas dos períodos.

A comparação dos resultados obtidos para a composição gravimétrica com a classificação socioeconômica realizada no município de Novo Hamburgo corrobora com a literatura, evidenciando a presença de maiores frações de matéria orgânica em regiões de maior carência social.

Considera-se que os resultados obtidos são representativos para este período do ano, não correspondendo necessariamente às características que virão a ser encontradas caso sejam realizadas novas caracterizações em outros períodos.

O aprimoramento da capacidade de atendimento da cooperativa de reciclagem dos RSU se faz necessária devido à exigência de disposição final em aterros somente de rejeitos, visto que atualmente uma parcela de recicláveis não são coletados nas esteiras.

Conclui-se que devem ser reforçadas as práticas de educação ambiental com a população local, devido à presença de resíduos eletroeletrônicos, embalagens de óleo e lâmpadas, latas de tinta, medicamentos, entre outros, assim como conscientizar quanto às possíveis contaminações que o descarte associado de matéria orgânica e recicláveis pode resultar.

Ações consorciadas entre a esfera pública e a iniciativa privada são necessárias para evitar que RSI continuem a ser destinados junto aos RSU. Maior fiscalização ou ações em conjunto entre as indústrias e a esfera pública são passíveis de ser avaliadas.

6 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se a realização contínua da análise da composição gravimétrica, observando-se, para o planejamento das amostras a serem realizadas, as principais influências que a composição gravimétrica pode vir a sofrer, como por exemplo, estações do ano, dias da semana, entre outros. É sugerida a aplicação de amostragens a cada estação do ano, abrangendo o maior número de setores de coleta possível.

A maior representação da matéria orgânica para a composição gravimétrica em todos os setores sugere a implantação do processo de compostagem pelo município, sendo necessário o desenvolvimento de um maior número de análises, como umidade, pH, carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco, sódio, cádmio, cromo, níquel, chumbo, mercúrio, capacidade de troca catiônica e cloreto, por exemplo, de modo a garantir a qualidade do composto.

Sugere-se que associado ou independente da caracterização da composição gravimétrica dos RSU em cada município, sejam realizadas caracterizações como a sugerida por Tchobanoglous e Kreith (2002) segregando os materiais como bens de consumo duráveis, bens de consumo não duráveis e recipientes e embalagens. A continuidade deste tipo de avaliação permitirá realizar comparações com outros indicadores sócio ambientais, aprimorando o entendimento quanto à geração de resíduos sólidos nas diversas regiões brasileiras.

O estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema de coleta seletiva de resíduos perigosos e não perigosos das indústrias geradoras de pequenas quantidades de RSI surge como outra oportunidade de novos estudos. A avaliação legal, do sistema logístico, das indústrias interessadas em aderir ao programa, uma possível taxa a ser cobrada pelo serviço, entre outros, seriam algumas das questões mínimas que deveriam ser abordadas por este trabalho.

Propõe-se a realização de estudos comparativos entre a ASTM D5231 e NBR 10007, norma brasileira, de modo a identificar e/ou comprovar a necessidade de elaboração de uma norma brasileira específica para RSU.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução RDC 306, de 7 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 dez. 2004. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0306_07_12_2004.html>. Acesso em 20 de junho de 2014.

ALCANTARA, A.J.O. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos e Caracterização Química do Solo da Área de Disposição Final do Município de Cáceres – MT**. Dissertação de Mestrado. 2010. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso. Disponível em: <<http://www.unemat.br/prppg/ppgca/teses/2010/02.pdf>>. Acesso em 15 de jul. de 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D5231**. Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. West Conshohocken, PA, United States, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR 8.419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 8.849**: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012**. Edição Especial 10 anos. Abrelpe. 2012. Disponível em: <www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2014.

BARROS, R. T. de V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte – MG: Tessitura, 2012.

BEZERRA, G.M. **Método de Estimativa da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares a Partir de Dados Socioeconômicos Usando Redes Neurais Artificiais**. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) - Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Mossoró, RN. 2011.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; DE BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Prentice-Hall do Brasil, 2002. 305 p.

BRASIL. Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934. Dispõe sobre o código das águas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 jul. 1934. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em 02 de out. de 2014.

BRASIL. Lei Federal 9.638 de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em 01 de agosto de 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 01 de ago. de 2014.

BRASIL. Lei Federal 8666 de 21 de junho de 1993. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em 02 de Nov. de 2014.

BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 jan. 2007 e retificado em 11 de janeiro de 2007. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em 28 de julho de 2014.

BRASIL. Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 02 de Nov. de 2014.

BRASIL. Decreto 7404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em 02 de Nov. de 2014.

BRASIL. Medida Provisória 651, de 9 de julho de 2014. Dispõe sobre a prorrogação do prazo de que trata a Lei nº 12.431, de 24 de junho de 2011; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jul. 2014. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=310AFE864CEF6E1262018971A2C0125F.proposicoesWeb1?codteor=1263442&filename=MPV+649/2014>. Acesso em 02 de Nov. de 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Resíduos sólidos urbanos e limpeza pública**. São Paulo: Cetesb, 1990.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução Conama 237 de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 dez. 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 15 de out. de 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04 mai. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>>. Acesso em 20 de jul. de 2014.

CONSÓRCIO PÚBLICO DE SANEAMENTO BÁSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS - PROSINOS. **Plano Municipal de**

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Novo Hamburgo. Prosinos. 2012. Disponível em: <http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_novo_hamburgo_02082012.pdf>. Acesso em 03 de julho de 2014.

COSTA, L. Cinco municípios no RS ainda descartam detritos da coleta urbana em lixões. Prazo final para que as cidades encontrem um destino adequado se encerra sábado. **Zero Hora**, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2014/08/cinco-municipios-no-rs-ainda-descartam-detritos-da-coleta-urbana-em-lixoes-4565107.html>>. Acesso em 28 de out. de 2014.

CUSSIOL, N.A.M.; ROCHA, G.H.T.; LANGE, L.C. Quantificação dos resíduos potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos urbanos da regional sul de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 2006. p.1183-1191.

D'ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed., rev. e amp. São Paulo: IPT/CEMRE, 2000. 370 p.

DÍAZ, L. Solid Waste Management for economically Developing Countries. **ISWA – CalRevory**. Hercules (CA), EUA, 1996.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **EPA530-D-02-002**. RCRA Waste Sampling Draft Technical Guidance. Planning, Implementation, and Assessment. Washington, USA, 2002.

FLORES Neto, J.P.; DE LIMA, J.D.; QUEIROZ, M.A; NÓBREGA, C.C. Determinação da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de João Pessoa - PB. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999, Rio de Janeiro. **Anais....**Rio de Janeiro: ABES, 199. P.37-46

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LUIZ HENRIQUE ROESSLER – FEPAM. **Glossário**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em 04 de Nov. de 2014.

GIDARAKOS, E.; HAVAS, G.; NTZAMILIS, P. Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. **Waste Management**, [S.l.], n.26. Oct. 2005. Disponível em:< http://ac.els-cdn.com.ez45.periodicos.capes.gov.br/S0956053X05002011/1-s2.0-S0956053X05002011-main.pdf?_tid=75d29b1a-287b-11e4-b46b-00000aacb35e&acdnat=1408547325_7d9dd2ea7bb522117d55299146bdf79b>. Acesso em 23 de julho de 2014.p. 668-679.

GLOBO. GDF faz ação contra o trabalho infantil no lixão da Estrutural. **Portal G1**, Brasília, 2013. Disponível em:< <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2013/08/gdf-faz-acao-contra-trabalho-infantil-no-lixao-da-estrutural.html>>. Acesso em 28 de out.de 2014.

GUADAGNIN, M.R; OENING, A. S.; LIMA, B.B.; DAL PONT, C.B.; VALVASSORI, M.L. Estudo de Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos urbanos em Municípios do Sul Catarinenese. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, n.9, [S.l.], 2014. **Anais....** Disponível em:< <http://repositorio.unesc.net/handle/1/2399>>. Acesso em 19 de julho de 2014.

HABITZREUTER. M. T. **Análise da Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da Região de Santa Maria, Pré e Pós-Triagem**. 2008. Dissertação - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

HERAVI, H. M.; SABOUR, M.R.; MAHVI, A.H. Municipal Solid Waste Characterization, Tehran – Iran. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. n. 16. 2013. P. 759-769. Disponível em:< <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24498828>>. Acesso em 18 de julho de 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Relatório de Pesquisa. Brasília. 2012. Disponível em< http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos** / José Henrique Penido Monteiro ...[et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. 2010a

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)**. 2010b

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Manual de Gerenciamento Integrado** – lixo municipal. 2ª edição. USP – CEMPRE. São Paulo – SP, 2000. 370 p.

JARDIM, N.S; WELLS, C. **Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo: IPT, 1995.

LAZZARI, N.E. **Proposta de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos urbanos (RSU) para a Central de Recepção e Triagem do município de Novo Hamburgo (RS)**. 2010. 81 f. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, Universidade Luterana do Brasil. Canoas, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Planos de gestão de resíduos sólidos**: manual de orientação. Brasília-DF, 2012. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2014.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Manual da coleta seletiva e projeto de galpões de triagem**. Brasília (DF), 2008.

MOURA, A.A.; LIMA, W.S.; Archanjo, C.do R. Análise da Composição Gravimétrica de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso – Município de Itaúna- MG. **Revista Digital FAPAM**. Pará de Minas, MG. n.3, p. 4 - 16, abr. 2012. Disponível em:< <http://www.fapam.edu.br/revista/volume3/2%20Aline%20-%204%20a%2016.pdf> >. Acesso em 20 de julho de 2014.

NÓBREGA, C.C.; PEREIRA, S.L.M.; FIGUEIREDO, M.C.; NETO, J.F.A.; LIMA, M.N.M. Análise Preliminar Física e Físico-Química dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Pedras de Fogo - Paraíba. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, n.2. João Pessoa - PB – 2007. **Anais....** Disponível em< http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080212_091245_MEIO-025.pdf >. Acesso em 15 de julho de 2014.

NOVO HAMBURGO. Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo. **História**. Disponível em:<<http://www.novohamburgo.rs.gov.br/modules/catasg/novohamburgo.php?conteudo=70>>. Acesso em 23 de julho de 2014.

NOVO HAMBURGO. Lei 1.216, de 20 de dezembro de 2004. **Plano Diretor Urbanístico Ambiental – PDUA do município de Novo Hamburgo**. Disponível em:<<https://www.leismunicipais.com.br/plano-diretor-novo-hamburgo-rs.htmlv>>. Acesso em 14 de agosto de 2014.

OENNING, A. S; CARDOSO, M.A.; DAL PONT, C.B.; LIMA, B.B.; VALVASSORI, M.L. Estudo de Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Criciúma. **Revista Iniciação Científica**, v. 10, n. 1, 2012, Criciúma, SC. Disponível em:< <http://periodicos.unesc.net/index.php/iniciacaocientifica/article/viewArticle/1605> >. Acesso em 10 de julho de 2014.

OFICINA DE ASESORIA Y CONSULTORIA AMBIENTAL - OACA. **Manual de tecnologia apropriada para El manejo Del residuos sólido**. Lima (Peru), 1992.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE – OPS; Organização Mundial de Saúde – OMS; Organização Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS; Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID. **Avaliação regional de gestão de resíduos sólidos na América Latina e no Caribe 2010**. Washington (EUA), 2010. 160 p.

PINTO, M. (coord) / CONSULTEC. **A coleta e a disposição de lixo no Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1979.

PINTO, T. P., **Metodologia para a gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. São Paulo, 1999. 189 p. tese para a obtenção do título de Doutor em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL - RECESA. **Guia de gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos – Projeto, operação e monitoramento de**

aterros sanitários. Ministério das Cidades, SNSA (org.) Belo Horizonte- MG, 2008. 20 p.

REZENDE, J.H.; CARBONI, M.; MURGEL, M.A.T; CAPPS, A.L.A.P.; TEIXEIRA, H.L.; SIMÕES, G.T.C.; RUSSI, R.R.; LOURENÇO, B.L.R.; OLIVEIRA, C.A. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** v.18 n.1. 2011. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522013000100001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 06 de julho de 2014.

ROCHA, V.AG.deM.; ARAUJO, J.K.; LESSA, E.R. Estimativa de Composição de Resíduos Sólidos Domiciliares com RNA. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, n. 20, Bento Gonçalves, RS, 2013. **Anais....ABRH.** 2013. Disponível em <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/e99c8ed0a7ae50520de4fc953cfea449_b780f5a2790321c8b04c1f0f3d1577fc.pdf>. Acesso em 15 de ago. de 2014.

SANTOS, J.G. A Logística Reversa Como Uma Ferramenta Para a Sustentabilidade: Um Estudo Sobre a Importância das Cooperativas de reciclagem na gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. **REUNA**, Belo Horizonte - MG, Brasil, v.17, n.2, p. 81-96, Abr. - Jun. 2012.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - SEMA. **Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.** Disponível em:<http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=56&cod_conteudo=5865>. Acesso em 23 de julho de 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos.** – Brasília: MCIDADES.SNSA, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR. Disponível em:< <http://sinir.gov.br/web/guest/sobre-o-sinir-detalmes> >. Acesso em 10 de Nov. de 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em 10 de Nov. de 2014.

SOARES, M.R.F. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos** – 2012. Trabalho de Conclusão (Especialização) - Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública Municipal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

SOUZA, M.T.S. DE PAULA, M.B., PINTO, H.S. O Papel das Cooperativas de Reciclagem nos Canais Reversos Pós-Consumo. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, Fundação Getulio Vargas, Brasil, v. 52, n. 2, 2012, pp. 246-262.

TCHONOGLOUS, G. KREITH F. **Handbook of Solid Waste Management**. McGraw-Hill. USA, 2002.

TETRA PAK. Educação Ambiental na Escola. **Gerenciamento Integrado do Lixo**. Disponível em:< <http://www.culturaambientalnasescolas.com.br/aluno/a-embalagem-e-o-ambiente/gerenciamento-integrado-do-lixo#>>. Acesso em 20 de out. de 2014.

TOMACHESKI, D. **Estudos de Técnicas Sustentáveis para a Gestão de Resíduos Sólidos no Município de Imbé, Rio Grande do Sul**. 2014. 113 f. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Minas, Materiais e Metalurgia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

TUBINO, R.M.C.; WASKOW, R.P.; CAVALLI, C. BUZIN, P.; CAMARGO, A.; PIAZZA, V.R. **Desenvolvimento de inventário de Resíduos Industriais para a Criação de Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos Industriais (SIGRI) do Município de Novo Hamburgo – RS**. Amostragem dos Resíduos Sólidos Industriais. Porto Alegre, 2015. No prelo.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME - UNEP / INSTITUTO VENTURI. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. **Plano Estratégico de Ação**. [S.l.:s.n], 2009

YILDIZ, S.; YAMAN, C.; DEMIR, G.; OZCAN, H.K.; COBAN, A.; OKTEN, H.E.; SEZER, K.; GOREN, S. Characterization of Municipal Solid Waste in Istanbul, Turkey. **Wiley Online Library**. Publicação online em abril de 2012. Disponível em:< http://www-periodicos-capes-gov-br.ez45.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=88&smn=88&type=m&metalib=aHR0cDovL

21scGx1cy5ob3N0ZWQuZXh5aWJyaXNncm91cC5jb20vcHJpbW9fbGlicmFyeS9saWJ3ZWlvYWN0aW9uL3NIYXJjaC5kbz92aWQ9Q0FQRVM=&Itemid=119>. Acesso em 23 de julho de 2014.

ZENG, Y.; TRAUTH, K.M.; PEYTON, R.L.; BANERJI, S.K. Characterization of solid waste disposed at Columbia Sanitary Landfill in Missouri. **Waste Management & Research**. V. 23, n. 1, 2005, pp. 62-71.

WORLD BANK. **What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management**. 15 ed. Washington – USA. 2012. Disponível em:< <https://openknowledge.worldbank.org/.../681350WP0REVIS0at0a0Waste2>>. Acesso em 15 de junho de 2014.

WORRELL E VESILIND. **Solid Waste Engineering**. 2^a ed. Stanford, USA: Cengage Learning, 2012.

GLOSSÁRIO

Aterro controlado - Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo. Método este que utiliza de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos cobrindo-os com uma camada de terra ou material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Aterro sanitário - Técnica de disposição final de resíduos sólidos urbanos em forma de aterro com a devida proteção ambiental. O resíduo é disposto em camadas que são compactadas por tratores e cobertas diariamente com terra. Conta com sistema de coleta de chorume e gases do processo de decomposição dos resíduos.

Central de transbordo - Espaço físico ambientalmente licenciado, designado para recepção, descarga, classificação, transferência e/ou compactação de resíduos antes de sua destinação ou disposição final ambientalmente adequados.

Chorume - Líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, que tem como características a cor escura, o mau cheiro e a elevada concentração de matéria orgânica.

Composição gravimétrica - Traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo.

Compostagem - Processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos efetuada por uma população diversificada de organismos, em condições controladas.

Lixão - Disposição inadequada de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do mesmo no solo, sem medidas de proteção ao manuseio e à saúde pública. Esta atividade não é licenciável.

Logística reversa - instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Metodologia não referenciada – técnica aplicada sem a observação de procedimentos definidos em norma existente.

Metodologia referenciada – técnica aplicada utilizando de procedimentos definidos por norma existente.

Reciclagem - processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos.

Rejeito - resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Resíduo perigoso - são aqueles que por suas características podem apresentar riscos para a sociedade ou para o meio ambiente. São considerados perigosos também os que apresentem uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade.

Resíduos inorgânicos - É composto principalmente por materiais de embalagens (vidros, papéis, metais, papelão, pilhas), podem ser reciclados.

Resíduos orgânicos - Resultam de restos de animais ou vegetais.

Resíduos sólidos - É todo o resíduo que apresente estado físico sólido, semi-sólido ou pastoso, ou ainda, que apresente estado físico líquido com características que tornem inviável seu tratamento para posterior lançamento na rede de esgotos ou corpos d'água, independente de seu destino final.

Reutilização - processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química.

Triagem – Processo de catação, seleção e estocagem dos materiais contidos nos resíduos sólidos urbanos, visando o seu reaproveitamento.

Saneamento - conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

APÊNDICE A – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 1

Folha de Dados de Composição de Resíduos		
Data: 24/03/2014	Companhia de coleta: REVITA	
Área: Setor 1	Tipo de veículo: Compactador 15 m ³	
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Pátria Nova / Rio Branco / Vila Rosa	
Peso Total (kg): 108,91	Preenchido por: Viviane Santos	
Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,36	0,33
Couro	0,00	0,00
Madeira	0,08	0,07
Matéria Orgânica	63,85	58,62
Metais Ferrosos	4,47	4,10
Metais Não-ferrosos	0,58	0,53
Papel	15,92	14,61
Plástico	16,19	14,86
Vidro	4,32	3,97
Têxteis	1,68	1,54
Outros	1,50	1,37

APÊNDICE B – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 2

Folha de Dados de Composição de Resíduos		
Data: 03/04/2014	Companhia de coleta:REVITA	
Área: Setor 2	Tipo de veículo: Compactador 15 m³	
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Guarani	
Peso Total (kg): 103,06	Preenchido por: Régis Waskow	
Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,07	0,07
Couro	0	0,00
Madeira	0	0,00
Matéria Orgânica	62,405	60,55
Metais Ferrosos	0,96	0,93
Metais Não-ferrosos	0,465	0,45
Papel	9,556	9,27
Plástico	16,355	15,87
Vidro	5,335	5,18
Têxteis	2,525	2,45
Outros	5,395	5,23

APÊNDICE C – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 8

Folha de Dados de Composição de Resíduos		
Data: 28/03/2014	Companhia de coleta: REVITA	
Área: Setor 8	Tipo de veículo: Compactador 15 m³	
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Industrial/ Ouro Branco/ Santo Afonso	
Peso Total (kg): 104,47	Preenchido por: Monique Campagnoni	
Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,84	0,80
Couro	0,00	0,00
Madeira	0,33	0,31
Matéria Orgânica	55,60	53,22
Metais Ferrosos	3,69	3,53
Metais Não-ferrosos	0,50	0,48
Papel	15,72	15,04
Plástico	13,82	13,22
Vidro	3,70	3,54
Têxteis	5,47	5,23
Outros	4,83	4,62

APÊNDICE D – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 9

Folha de Dados de Composição de Resíduos	
Data: 24/03/2014	Companhia de coleta: REVITA
Área: Setor 9	Tipo de veículo: Compactador 15 m³
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Diehl / Roselândia
Peso Total (kg): 131,02	Preenchido por: Viviane Santos

Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,00	0,00
Couro	3,79	2,89
Madeira	0,84	0,64
Matéria Orgânica	92,77	70,80
Metais Ferrosos	1,83	1,40
Metais Não-ferrosos	0,58	0,44
Papel	5,28	4,03
Plástico	12,98	9,90
Vidro	3,27	2,49
Têxteis	4,36	3,32
Outros	5,35	4,08

APÊNDICE E – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 10

Folha de Dados de Composição de Resíduos	
Data: 26/03/2014	Companhia de coleta: REVITA
Área: Setor 10	Tipo de veículo: Compactador 15 m³
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Canudos (Vila kunz) - Hamburgo Velho
Peso Total (kg): 92,95	Preenchido por: Régis Waskow

Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,15	0,16
Couro	0,00	0,00
Madeira	0,11	0,11
Matéria Orgânica	63,42	68,23
Metais Ferrosos	0,98	1,05
Metais Não-ferrosos	0,35	0,37
Papel	9,99	10,75
Plástico	11,11	11,95
Vidro	2,83	3,04
Têxteis	1,90	2,04
Outros	2,14	2,30

APÊNDICE F – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 13

Folha de Dados de Composição de Resíduos	
Data: 2803/2014	Companhia de coleta: REVITA
Área: Setor 13	Tipo de veículo: Compactador 15 m ³
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Canudos (Vila Kraemer/Vila Kunz)
Peso Total (kg): 95,40	Preenchido por: Viviane Santos

Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,10	0,11
Couro	0,51	0,53
Madeira	1,39	1,45
Matéria Orgânica	57,41	60,18
Metais Ferrosos	1,03	1,07
Metais Não-ferrosos	0,21	0,22
Papel	12,26	12,85
Plástico	16,38	17,17
Vidro	3,21	3,36
Têxteis	0,61	0,64
Outros	2,29	2,40

APÊNDICE G – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 15

Folha de Dados de Composição de Resíduos	
Data: 01/04/2014	Companhia de coleta: REVITA
Área: Setor 15	Tipo de veículo: Compactador 15 m³
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Rondônia
Peso Total (kg): 98,77	Preenchido por: Arthur Camargo

Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,55	0,56
Couro	0,56	0,57
Madeira	0,30	0,30
Matéria Orgânica	41,30	41,82
Metais Ferrosos	0,69	0,69
Metais Não-ferrosos	0,71	0,72
Papel	34,55	34,98
Plástico	13,09	13,25
Vidro	3,28	3,32
Têxteis	1,78	1,80
Outros	1,98	2,00

APÊNDICE H – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 17

Folha de Dados de Composição de Resíduos	
Data: 26/03/2014	Companhia de coleta: REVITA
Área: Setor 17	Tipo de veículo: Compactador 15 m³
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Canudos (Iguaçu, Kipling, Mirasol)
Peso Total (kg): 125,13	Preenchido por: Régis Waskow

Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	0,89	0,71
Couro	0,00	0,00
Madeira	0,46	0,37
Matéria Orgânica	86,22	68,90
Metais Ferrosos	1,10	0,88
Metais Não-ferrosos	0,21	0,16
Papel	6,72	5,37
Plástico	11,36	9,08
Vidro	1,44	1,15
Têxteis	10,14	8,10
Outros	6,60	5,27

APÊNDICE I – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 18

Folha de Dados de Composição de Resíduos		
Data: 03/04/2014	Companhia de coleta:REVITA	
Área: Setor 18	Tipo de veículo: Compactador 15 m³	
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Canudos(Vila das Flores)/Lomba Gande(Centro)	
Peso Total (kg): 105,92	Preenchido por: Régis Waskow	
Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	1,815	1,71
Couro	0,01	0,01
Madeira	0	0,00
Matéria Orgânica	47,115	44,48
Metais Ferrosos	1,45	1,37
Metais Não-ferrosos	0,14	0,13
Papel	11,235	10,61
Plástico	16,05	15,15
Vidro	7,235	6,83
Têxteis	14,101	13,31
Outros	6,765	6,39

APÊNDICE J – Folha de dados da composição gravimétrica de resíduos do Setor 19

Folha de Dados de Composição de Resíduos	
Data: 01/04/2014	Companhia de coleta: REVITA
Área: Setor 19	Tipo de veículo: Compactador 15 m³
Condições Climáticas: Tempo aberto	Rota: Lomba Grande (Interior)
Peso Total (kg): 101,04	Preenchido por: Arthur Camargo

Tipo de Resíduo	Peso (kg)	Representação do total (%)
Borracha	2,44	2,41
Couro	0,03	0,03
Madeira	0,30	0,29
Matéria Orgânica	44,96	44,50
Metais Ferrosos	1,14	1,13
Metais Não-ferrosos	1,41	1,39
Papel	9,51	9,41
Plástico	27,98	27,69
Vidro	3,30	3,27
Têxteis	5,00	4,95
Outros	4,98	4,92