



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Ilha Solteira  
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DO  
MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA – SP

GRACELY ORTEGA TAVARES PEREIRA

Engenheira Ambiental

ORIENTADORA: Profa. Dra. LUZENIRA ALVES BRASILEIRO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de Conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

ILHA SOLTEIRA - SP

JANEIRO DE 2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

P436a Pereira, Gracely Ortega Tavares.  
Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares do município de ilha solteira – sp / Gracely Ortega Tavares Pereira. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2012  
62 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de Conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2012

Orientador: Luzenira Alves Brasileiro

Inclui bibliografia

1. Material reciclável. 2. Caracterização de resíduos. 3. Gestão integrada.  
4. Geração de renda.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

### **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares do município de Ilha Solteira - SP

**AUTORA:** GRACELY ORTEGA TAVARES PEREIRA

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. LUZENIRA ALVES BRASILEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL, Área: RECURSOS HIDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LUZENIRA ALVES BRASILEIRO  
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. DIB GEBARA  
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. LEONARDO DE BARROS PINTO  
Coordenadoria Executiva / Unidade de Tupã

## RESUMO

A eficiência da gestão dos resíduos sólidos domiciliares gera impactos diretamente no bem-estar de toda a população do município, mas em especial nas pessoas que trabalham com a coleta, separação e comercialização dos materiais recicláveis. O objetivo desta dissertação é analisar as partes integrantes do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares do município de Ilha Solteira - SP, desde a geração dos resíduos sólidos nas residências até a sua destinação final em aterros e/ou separação e comercialização pela cooperativa de materiais recicláveis do município. A pesquisa foi dividida em três etapas. A primeira etapa consistiu em realizar um levantamento de dados sobre a destinação dos resíduos sólidos domiciliares no município de Ilha Solteira – SP. A segunda etapa consistiu em entrevistar os munícipes com o objetivo de levantar qual é o tamanho da parcela da população que realiza a separação dos materiais recicláveis, como estes são acondicionados e quais os materiais que são separados. E a terceira etapa foi a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares destinados ao aterro sanitário, segundo o método de quarteamento. A pesquisa forneceu resultados sobre a redução da vida útil do aterro sanitário, a quantidade de materiais com valor econômico que está sendo desperdiçado no aterro e a renda que deixa de ser gerada para as pessoas diretamente envolvidas com a comercialização dos materiais recicláveis. Com os resultados obtidos nesta pesquisa, a municipalidade que opera e gerencia os resíduos sólidos terá informações que poderão subsidiar o planejamento e as ações de curto, médio e longo prazo; no sentido de melhorar a eficiência e as condições econômica, ambiental e social do sistema de gestão dos resíduos sólidos domiciliares de Ilha Solteira – SP.

**Palavras-chave:** Material reciclável. Caracterização de resíduos. Gestão integrada. Geração de renda.

## **EFFICIENCY OF THE DOMESTIC SOLID WASTES MANAGEMENT OF THE CITY OF ILHA SOLTEIRA – SP**

### **ABSTRACT**

The efficient management of solid waste directly impacts the welfare of the entire population of the city, but especially those working with the collection, separation, and marketing of recyclable materials. The objective of this dissertation is to study the integral parts of the management system of solid waste in the city of Ilha Solteira-SP, from the generation of solid waste in the home until its final destination in landfills and/or separation and the cooperative for marketing recyclable materials of the city. The research will be divided into three phases. The first step will be to conduct a survey of preliminary data on the allocation of household solid waste in the city of Ilha Solteira-SP. The second stage is to interview the townspeople in order to discover what portion of the population carries out the separation of recyclable materials, which of these are wrapped and which materials are separated. The third step performed is gravimetric characterization of household solid waste destined for the landfill, using methods of quartering. From the results obtained in this research, the municipality that operates and manages the solid waste will have information that could support the planning and the actions in short, medium and long term, to improve the efficiency and effectiveness of economic, environmental, and social management system for solid waste Ilha Solteira - SP. It will be known: the amount of materials with economic value that are being wasted in the landfill, as well as an estimate of the remaining service life of the landfill, and the income that is not generated for the people directly involved with the marketing of recyclable materials.

**Keywords:** Recyclable material. Waste characterization. Integrated management. Income generation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processo de coleta de resíduos sólidos e suas inter-relações.....	13
Figura 2: Questionário para entrevistas sobre resíduos sólidos .....	23
Figura 3. Mapa da cidade de Ilha Solteira - SP.....	24
Figura 4. Vista do aterro sanitário de Ilha Solteira – SP.....	27
Figura 5. Vista da lagoa de estabilização de chorume. ....	28
Figura 6. Caminhão compactador de lixo marca Ford ano de fabricação 2006.....	29
Figura 7. Distribuição dos pesos coletados pelo dia da semana na avaliação de dezembro de 2008.....	30
Figura 8. Vista da fachada da COOPERSELLI. ....	32
Figura 9. Vista do interior do galpão da COOPERSELLI. ....	32
Figura 10. Distribuição das zonas amostradas .....	35
Figura 11. Distribuição do número de moradores em cada zona avaliada. ....	36
Figura 12. Distribuição do grau de instrução dos moradores em cada zona avaliada. ....	37
Figura 13. Distribuição renda familiar em cada zona avaliada. ....	38
Figura 14. Distribuição renda <i>per capita</i> em cada zona avaliada. ....	38
Figura 15. Gráfico de componentes principais para as variáveis avaliadas para caracterizar a população de Ilha Solteira.....	39
Figura 16. Percentual de pessoas que separam os materiais recicláveis no município de Ilha Solteira estratificado por zona.....	41
Figura 17. Percentual de pessoas que lavam os materiais recicláveis separados no município de Ilha Solteira estratificado por zona.....	42
Figura 18. Percentual de pessoas que separam latas de alimento, latas de alumínio, caixa de sabão em pó, caixa de pasta de dente, caixa de sabonete, caixa de pizza, jornal e revista no município de Ilha Solteira, estratificado por zona. ....	43
Figura 19. Percentual de pessoas que separam embalagens de leite, de suco, de refrigerante, de óleo, de shampoo e condicionador, de detergente, de água sanitária, de amaciante e de iogurtes no município de Ilha Solteira, estratificado por zona. ....	43
Figura 20. Percentual de pessoas que separam sacos de arroz, sacos de feijão, sacolas e sacolinhas, vidros transparente e vidros coloridos no município de Ilha Solteira, estratificado por zona.....	44
Figura 21. Percepção dos moradores de cada zona urbana sobre a acessibilidade da coleta de materiais recicláveis na sua residência.....	45

Figura 22. Análise multivariada de componentes principais da associação de grupos de materiais que são separados conjuntamente pelos moradores de Ilha Solteira. ....	46
Figura 23. Destinação declarada pelos moradores de Ilha Solteira para os remédios vencidos. ....	47
Figura 24. Destinação declarada pelos moradores de Ilha Solteira para as lâmpadas.....	48
Figura 25. Caracterização dos resíduos domésticos que chegam ao aterro sanitário de Ilha Solteira - SP.....	49
Figura 26. Caracterização dos resíduos domésticos que chegam ao aterro sanitário de Ilha Solteira - SP.....	50
Figura 27. Geração percentual de resíduos por categoria em cada zona municipal avaliada...	51
Figura 28. Contribuição percentual de cada zona na geração de cada categoria de resíduo avaliado na gravimetria. ....	52
Figura 29. Composição do lixo orgânico em cada zona municipal avaliada. ....	53
Figura 30. Contribuição percentual de cada zona na geração resíduos de vidro.....	54
Figura 31. Composição dos resíduos de metais em cada zona municipal avaliada.....	54
Figura 32. Contribuição percentual de cada zona na geração resíduos de papel e papelão. ....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Peso (em kg) e valores (em R\$) estimados dos materiais recicláveis que estão sendo destinados ao aterro sanitário, baseado no peso médio de  $15.277,57 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$  de resíduos que são enviados diariamente para o aterro, calculado a partir dos dados obtidos no início da operação do aterro sanitário. .... 50

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Categorias principais e secundárias dos resíduos sólidos.....	26
Quadro 2: Características dos resíduos recicláveis em Ilha Solteira – SP.....	34

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>11</b>
<b>2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 DEFINIÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 CLASSIFICAÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 GERENCIAMENTO.....</b>	<b>12</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 PROPÓSITO DOS MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>20</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE COLETA E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS MORADORES.....</b>	<b>34</b>
<b>5.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE SEPARAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PELOS MORADORES....</b>	<b>40</b>
<b>5.4 ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DO LIXO .....</b>	<b>48</b>
<b>5.5 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Considerações Gerais**

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é constituído pelas seguintes etapas: geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e destinação final.

A eficiência do gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares é a medida significativa dos parâmetros característicos avaliados sobre uma amostra que representa a população.

Estudos propõem que para ter sistemas eficientes de gerenciamento de resíduos sólidos é necessário conhecer as etapas que compreendem o gerenciamento de resíduos sólidos dos municípios e adotar ferramentas de gestão que possibilitem identificar problemas de dimensionamento e fornecer subsídios para o planejamento e tomadas de decisões (BRAGA et al., 2000; CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002; CUNHA; CARNEIRO, 2007).

De maneira geral, a eficiência da gestão dos resíduos sólidos domiciliares impacta diretamente no bem-estar de toda a população do município, mas em especial às pessoas que trabalham na coleta, separação e comercialização dos materiais recicláveis, pois o mau acondicionamento dos materiais, principalmente dos materiais cortantes, influencia diretamente na segurança e saúde destes trabalhadores, no caso da coleta e da separação dos materiais. Outro fator ligado a eficiência que impacta estes trabalhadores é o compromisso da população na separação e limpeza dos materiais recicláveis que podem contribuir para melhorar a receita da cooperativa e minimizar a proliferação de vetores como baratas e ratos.

Assim, conhecer como é realizada a coleta dos resíduos sólidos domiciliares e a destinação final de cada classe de resíduo é importante para o planejamento e as ações que serão realizadas pela administração pública.

### **1.2 Definição do Problema**

A destinação de materiais recicláveis ao aterro sanitário implica na diminuição da vida útil do mesmo. Um aterro sanitário demanda investimentos do município, porém, os municípios quase sempre não dispõem de recursos no orçamento para este fim.

Além da diminuição da vida útil do aterro sanitário, a destinação de materiais recicláveis para o mesmo implica em uma diminuição da renda das pessoas que trabalham diretamente com a coleta, separação e comercialização destes materiais recicláveis.

Outro fator que pode contribuir para que os materiais recicláveis estejam chegando ao aterro sanitário é a não participação da população na separação destes materiais na fonte (residências). Esta contribuição pode ser maior ou menor, de acordo com a renda das famílias, conforme constataram Braga et al. (2000).

Assim, as perdas econômicas decorrentes da destinação errada desses materiais recicláveis se potencializam. Portanto, conhecer qual é a parcela da população menos participativa certamente subsidiará programas e ações municipais específicos para mitigar esse problema. Todavia, é necessário que esta constatação seja validada.

O propósito da caracterização dos resíduos é melhorar o gerenciamento dos mesmos, desviar os resíduos dos aterros e incineradores e aumentar as taxas de reciclagem. Quando se conhece os resíduos que são destinados aos aterros sanitários, é possível estimar perdas econômicas e de geração de empregos que poderiam ser gerados por meio da comercialização dos mesmos e estimar o valor energético e o potencial de influência sobre as emissões atmosféricas oriundas dos gases do aterro.

### **1.3 Objetivos**

O objetivo desta dissertação é caracterizar e analisar as partes integrantes do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares do município de Ilha Solteira - SP, desde a geração dos resíduos sólidos nas residências até a sua destinação final em aterros e/ou separação e comercialização pela cooperativa de materiais recicláveis do município. Os objetivos específicos são os seguintes:

1. Identificar os diferentes aterros existentes no município de Ilha Solteira e fazer um diagnóstico da atual situação de operação desses aterros;
2. Caracterizar quantitativamente (por método gravimétrico) a composição dos resíduos sólidos domiciliares enviados para o aterro sanitário de Ilha Solteira – SP para conhecer a quantidade de materiais de valor econômico que estão sendo dispostos inadequadamente

neste aterro e que poderiam contribuir para gerar renda na cooperativa de separação de materiais recicláveis e, por consequência, aumentar a vida útil do aterro sanitário; e

3. Identificar porque as pessoas do município de Ilha Solteira – SP, ainda não realizam a separação dos materiais recicláveis e propor soluções mitigadoras para o município aumentar a separação desses materiais na fonte.

#### **1.4 Justificativa**

A tendência mundial aponta que reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos gerados promove o aumento da vida útil dos aterros, viabiliza a geração de receita com a venda dos resíduos, minimiza a utilização dos recursos naturais e desperta no cidadão a consciência do consumo e geração de resíduos.

Portanto, o gerenciamento eficiente dos resíduos sólidos urbanos é de interesse da municipalidade, pois permite que o aterro tenha uma maior vida útil e proporciona um aumento de renda da população dos cooperados e catadores autônomos.

Assim, com a realização desta pesquisa, buscou-se levantar dados que poderão subsidiar o planejamento e ações da administração municipal a curto, médio e longo prazo, no sentido de melhorar a eficiência e as condições econômica, ambiental e social do sistema de gestão dos resíduos sólidos.

## **2. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

### **2.1 Definição**

A Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT (2004), através da NBR 10004, define resíduos sólidos como sendo: "[...] resíduos sólidos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição[...]" (ABNT, 2004, p.2).

### **2.2 Classificação**

A Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT (2004), através da NBR 10004, classifica os resíduos de acordo com: "[...] a atividade de origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido[...]" (ABNT, 2004, p.1).

Os resíduos sólidos são classificados em resíduos perigosos e não perigosos. Os resíduos sólidos que apresentam inflamabilidade, corrosividade, patogenicidade, toxicidade e reatividade são classificados como sendo resíduos perigosos de Classe I. Os resíduos de Classe II são subdivididos em Classe II A - os resíduos não inertes e Classe II B - inertes. Os resíduos Classe II A, possuem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

### **2.3 Gerenciamento**

O agrupamento das atividades de gerenciamento dos resíduos sólidos proposto por Tchobanoglous (1977) envolve a geração de resíduos, acondicionamento, coleta, estação de transferência ou de transbordo, processamento e recuperação e disposição final dos mesmos, com mostra a Figura 1.

Figura 1. Processo de coleta de resíduos sólidos e suas inter-relações



Fonte: Tchobanoglous (1977)

Cunha e Caixeta Filho (2002) levantaram as atividades de gerenciamento de resíduos sólidos, no município de Piracicaba – SP, utilizando a técnica de programação por metas, baseada em um modelo não linear. Pode-se concluir que a coleta seletiva em Piracicaba-SP possui sérios problemas de produtividade, devido ao fato da mão-de-obra utilizada ser composta por pessoas com deficiências físicas e/ou mentais. Porém, pode-se concluir também que o emprego dessas pessoas com deficiências é uma ação de responsabilidade social da administração pública e, portanto, deve ter seu mérito reconhecido.

Cunha e Carneiro (2007) fizeram uma avaliação gravimétrica dos resíduos sólidos do município de Curuçá-PA e verificaram que 16% do peso total dos resíduos que vão para o aterro são materiais recicláveis. Estes resultados denotam uma incapacidade da administração pública em gerenciar adequadamente os resíduos sólidos no município.

Contreras et al. (2010) realizaram uma abordagem das questões referentes aos sistemas de gestão dos resíduos sólidos urbanos, ao longo dos anos das cidades de Yokohama (Kanagawa, Japan), e Boston (Massachusetts, EUA). Esta abordagem considerou as legislações referentes aos resíduos sólidos, o desenvolvimento de tecnologias, as situações sócio-econômicas e as oportunidades regionais e internacionais. Observou-se que em Boston, o fator que conduziu as tomadas de decisões dos gestores foi principalmente os custos envolvidos nos tratamentos e a disposição final dos resíduos. Para a cidade de Yokohama, o fator preponderante na gestão do sistema foi o crescimento da população.

A ação de analisar cenários futuros e apontar fatores que podem conduzir as tomadas de decisões, como por exemplo, mudança no estilo de vida da população, mudança de cidade da população, pode ser entendida como uma forma de oportunidade para o sistema eficiente de gestão (CONTRERAS et al. 2010).

Apesar dos progressos alcançados na gestão dos resíduos sólidos urbanos, como tecnologias e técnicas desenvolvidas, ainda é um grande desafio para a gestão ambiental destinar adequadamente os resíduos, pois os investimentos em infraestruturas e aquisição de áreas são crescentes e a adoção de novas tecnologias para tratamento dos resíduos para a redução dos impactos ambientais é necessária e demanda mão de obra qualificada. Estes investimentos associados à educação ambiental tendem a despertar na sociedade a participação mais efetiva das pessoas no programa de separação dos resíduos sólidos e despertar o senso crítico para um consumo mais responsável e para a produção de bens mais duráveis.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

#### 3.1 Considerações Gerais

A caracterização de resíduos sólidos urbanos tem sido realizada em várias partes do mundo com diferentes propósitos, tais como: gestão pública de resíduos sólidos, determinação de perfil sócio econômico da população, preservação de recursos naturais, impactos no aquecimento global e economia de produtos recicláveis.

O município de São Paulo - SP, de acordo com Prefeitura Municipal de São Paulo (2003), realizou a primeira caracterização dos resíduos sólidos domésticos em 1927, depois em 1957, 1969, 1976, 1991, 1996, 1998, 2000 e o último em 2003. A partir destes dados foi possível acompanhar as mudanças na composição do lixo e na quantidade gerada, que constituem dados importantes que auxiliam no planejamento e nas tomadas de decisões. Ainda, segundo com Prefeitura Municipal de São Paulo (2003), houve um crescimento na quantidade de matéria orgânica presente no lixo justificado pelas *“condições sócio-econômicas da população que, em épocas de menor poder aquisitivo e desemprego, opta por consumir alimentos in natura o que produz restos alimentares”*.

#### 3.2 Métodos de Caracterização

Na literatura encontram-se diferentes métodos de caracterização de resíduos sólidos urbanos, os principais são os seguintes:

##### **Braga et al. (2000)**

O estudo da composição dos resíduos sólidos domésticos do município de Vitória – ES, distinguindo as classes socioeconômicas existentes entre os bairros. Este estudo teve como objetivo adquirir dados que auxiliassem o planejamento do sistema de limpeza municipal, no sentido de adotar tecnologias adequadas para coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos. Pode-se concluir que a geração *per capita* de resíduos sólidos domiciliares é diretamente proporcional ao poder aquisitivo econômico das classes e, também, que há a presença significativa de materiais recicláveis destinados ao aterro.

**Zeng et al. (2005)**

Desenvolveu um protocolo de coleta de dados de campo que identifica e delimita a região que os caminhões recolhem os resíduos. Após a coleta dos resíduos, estes caminhões descarregam os resíduos sólidos no aterro e, com a ajuda de um funcionário do aterro, esses resíduos eram homogeneizados. Depois, era retirada uma amostra de 140 kg para análise gravimétrica que, segundo *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste - ASTM International (2008)*, é significativa para caminhões que coletam entre 4.500 a 9.000 kg de resíduos. Este método considera a variação sazonal do ano e a distribuição da população como itens importantes a serem analisados em estudos de caracterização de resíduos sólidos urbanos.

**Afon e Okewole (2007)**

Estimou-se a geração de resíduos sólidos na cidade de Oyo, Nigéria. O estudo avaliou, por meio de 648 entrevistas aplicadas aleatoriamente, as condições socioeconômicas dos moradores, em que considerou: o grau de instrução, a ocupação, a renda, o número de moradores e o tipo de casa de cada entrevistado. Em outro momento avaliou a geração de resíduos durante uma semana em todos os meses do ano, em 2,5% das moradias amostradas anteriormente nas entrevistas. Este método também considera a variação sazonal do ano e a distribuição da população como itens importantes a serem analisados em estudos de caracterização de resíduos sólidos urbanos.

**Chiemchaisri et al. (2007)**

Determinou-se as características dos resíduos sólidos, do aterro sanitário municipal de Nakhonpathom, Tailândia, e relacionou-os com a emissão e taxas de gases emanados do solo. O trabalho foi desenvolvido em uma célula piloto com uma área de 8.000 m<sup>2</sup> e aproximadamente 6 metros de profundidade, sendo que os resíduos sólidos foram depositados dois anos antes. O estudo realizou escavações na célula do aterro nas seguintes profundidades: 1,5, 3,0; 4,5 e 6 metros. Análises física e química foram realizadas, tais como: densidade, composição dos materiais, umidade total dos sólidos, sólidos voláteis, cinzas e composição química. O gás foi coletado uma vez por semana em câmaras de PVC com diâmetro de 40 cm e a sua composição foi analisada através de cromatografia gasosa.

**Cunha e Carneiro (2007)**

O método de quarteamento estabelece que o caminhão que chega com os resíduos seja pesado e tarado. Em seguida, o lixo que foi coletado na cidade deverá ser despejado em um local devidamente preparado com lona, de modo a evitar eventuais problemas de poluição e contaminação. Este volume despejado na lona deverá ser homogeneizado com o auxílio de máquinas, e após a homogeneização, a amostra deverá ser dividida em quatro partes de volumes semelhantes. Uma das partes (um quarto) deverá ser novamente homogeneizada e desta retirada uma amostra que caiba em um tambor de 100 litros. O tambor deverá ser pesado e, em seguida, proceder com a realização da separação manual dos materiais nas seguintes classes: plásticos, metais, cerâmicas, compósitos e matéria orgânica. Posteriormente, cada classe deverá ser pesada separadamente.

**Hiramatsu et al. (2009)**

Avaliou-se a geração de resíduos sólidos urbanos na faixa que delimita a zona urbana e rural de Bangkok, Tailândia. A pesquisa realizou entrevista com a população local, no intuito de classificar o resíduo gerado diretamente na fonte, e verificar a abrangência da coleta por caminhões nessa região.

**Phuntsho et al. (2010)**

Estudou-se a taxa de geração e a composição de resíduos sólidos urbanos de diferentes fontes geradoras (domicílios, estabelecimentos comerciais e escritórios) no Butão - país localizado entre a Índia e a China. A pesquisa foi conduzida em dez cidades do país, no período de novembro de 2007 à de janeiro de 2008. A escolha das cidades deste estudo foi aleatória, porém, foi levado em consideração o tamanho das cidades. Os pesquisadores distribuíram sacos pretos biodegradáveis para a amostra da população e no dia seguinte recolheram os sacos com os resíduos. Estes resíduos foram levados para o aterro sanitário e foram espalhados no solo sobre uma manta de Polietileno de Alta Densidade – PEAD e separados manualmente 30 toneladas de resíduos, em oito categorias, sendo elas: papel/papelão, plásticos, produtos orgânicos, têxteis/couro, metais, elétrica/eletrônica, vidro e outros. Depois cada categoria foi pesada e foi calculada a sua densidade.

### 3.3 Propósito dos Métodos

Com esses métodos, há o interesse de se conhecer a composição dos resíduos que entram no aterro sanitário, caracterizando também a geração destes resíduos nas diferentes fontes (domicílios e empreendimentos comerciais e industriais). Estas informações são importantes também para estimar a vida útil de aterros sanitários e servem para planejar futuras áreas de deposição de lixo urbano.

Nota-se que os diferentes métodos empregados nas pesquisas estão relacionados à disponibilidade de recursos financeiros e de mão de obra para executar o trabalho de separação dos resíduos.

Assim, em pesquisas que dispunham de mais recursos financeiros, observou-se o uso de equipamentos de precisão para o registro das medidas. E, em pesquisas onde a mão de obra era abundante, o tamanho das amostras eram muito representativas.

Uma amostra grande gera resultados que proporcionam análises sobre a composição global do lixo, mas a conclusão sobre as características individuais se torna mais obscura, devido ao grande tamanho da amostra (SHARMA; McBEAN, 2009).

Esse fato ocorre porque há uma menor variação de categoria em uma amostra maior, do que em uma amostra menor. Portanto, aumentar o tamanho da amostra dos resíduos reduz a variação das percentagens de ocorrência da espécie classificada.

Esta pesquisa realizou um estudo de caso para a cidade de Ilha Solteira – SP, utilizando o método de quarteamento proposto por Cunha e Carneiro (2007), adaptado.

Entretanto, as limitações de orçamento e mão-de-obra foram fatores determinantes para a escolha do método mais adequado e do tamanho das amostragens.

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.1 Considerações Gerais

O município de Ilha Solteira - SP possui aproximadamente 25 mil habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2009) e está localizado no Noroeste do Estado de São Paulo, divisa com o Estado de Mato Grosso do Sul. A cidade está localizada na margem paulista do Rio Paraná, logo abaixo da confluência com o Rio São José dos Dourados, a uma longitude: 51° 06' 35" e latitude: 20° 38' 44".

Atualmente, as principais atividades econômicas do município são: geração de energia elétrica, pecuária, agricultura, indústria e turismo. O município possui aterro sanitário licenciado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, aterro de entulho e possui uma cooperativa de materiais recicláveis, perfazendo um perfil diferente dos municípios brasileiros.

Os serviços de saneamento ambiental, tais como abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, e os serviços de limpeza pública são gerenciados pelo município. Quanto ao manejo dos resíduos sólidos, o município realiza no perímetro urbano coletas diferenciadas do lixo orgânico, dos materiais recicláveis e de podas e limpeza de jardim, sendo que cada material é enviado para um destino específico.

Entretanto, verificam-se materiais recicláveis presentes no aterro sanitário municipal, configurando uma perda de material de valor, principalmente para a população de catadores e da cooperativa de separação de materiais recicláveis; além de diminuir a vida útil do aterro. Isto implica em um investimento público indevido, mas que pode ser corrigido com o gerenciamento correto dos resíduos sólidos.

Portanto, este trabalho levantou a hipótese de que há quantidade significativa de materiais recicláveis, que possuem baixa densidade, sendo encaminhada indevidamente para o aterro sanitário de Ilha Solteira, reduzindo a renda da população mais carente e diminuindo a vida útil do aterro.

A investigação prévia na cooperativa de separação de materiais recicláveis do município demonstrou que a mão-de-obra que trabalha lá está bem qualificada para esta atividade e, ao contrário do que foi observado por Cunha e Caixeta Filho (2002) no município de Piracicaba-SP, a eficiência desta cooperativa pode estar próxima das metas estabelecidas como ideais.

## **4.2 Material e Método**

A pesquisa foi dividida em três etapas: visitas *in loco*, entrevistas com os munícipes e caracterização gravimétrica.

### ***Etapa 1: Caracterização dos serviços de coleta e disposição final dos resíduos sólidos de Ilha Solteira***

A primeira etapa consistiu em realizar um levantamento de dados preliminares sobre a destinação dos resíduos sólidos domiciliares no município de Ilha Solteira - SP, visitando a prefeitura, a cooperativa e os aterros destinados à disposição dos resíduos sólidos domiciliares.

As visitas foram realizadas no aterro sanitário e na cooperativa COOPERSELLI. Nestas visitas foi possível conhecer o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares de Ilha Solteira – SP e identificar alguns problemas de planejamento e operação dos mesmos.

A visita ao aterro sanitário de Ilha Solteira - SP ocorreu em janeiro de 2010, com o acompanhamento do chefe dos garis e do funcionário responsável pela operação do aterro. O chefe dos garis mostrou toda a estrutura física do aterro sanitário e respondeu a questões de uma entrevista aberta sobre os dados históricos de operação do aterro, manejo de compactação e as dificuldades encontradas na operação do aterro.

A visita à cooperativa COOPERSELLI também ocorreu em janeiro de 2010, onde o responsável mostrou a estrutura física e de recursos humanos e respondeu a uma entrevista aberta sobre questões referentes à formação da cooperativa, contingente operacional, resultados financeiros, parcerias com a prefeitura, contratos e mercado de recicláveis.

### ***Etapa 2: Análise do comportamento de separação de materiais recicláveis dos munícipes***

A segunda etapa consistiu em entrevistar os munícipes com o objetivo de levantar qual o tamanho da parcela da população que realiza a separação dos materiais recicláveis, como estes são acondicionados e quais os materiais que são separados.

O tamanho da amostra da população a ser entrevistada, foi calculado considerando uma confiança de 95% ( $\alpha = 5\%$ ), assumindo um erro de 10% no resultado estimado. Como não se sabe qual é a parcela da população que realiza esta separação, considerou-se a pior situação possível para a determinação da amostra, ou seja, 50% da população realiza a separação dos materiais recicláveis. O tamanho de uma amostra foi calculado pela Equação 1.

$$n_0 = \left[ \frac{\hat{p} * (1 - \hat{p})}{\left(\frac{Erro}{2}\right)^2} \right] \quad (1)$$

Onde:

$n_0$  = tamanho da amostra, e

$\hat{p}$  = parcela estimada da população que realiza a separação de materiais recicláveis (valor assumido de 50%).

O erro do tamanho da amostra pode ser calculado pela Equação 2.

$$Erro = 2 * \left( \sqrt{\frac{\hat{p} * (1 - \hat{p})}{n_0}} \right) \quad (2)$$

Onde:

*Erro* - erro da estimativa (valor aceitável assumido de 10%), e

2 - valor aproximado referente a  $\alpha = 5\%$ .

Portanto, substituindo os valores na Equação 1, tem-se:

$$n_0 = \left[ \frac{\hat{p} * (1 - \hat{p})}{\left(\frac{Erro}{2}\right)^2} \right] \Rightarrow n_0 = \left[ \frac{0,50 * 0,50}{\left(\frac{0,10}{2}\right)^2} \right] \Rightarrow n_0 = 100$$

Para populações finitas, deve-se multiplicar o resultado de  $n_0$  pelo fator de correção mostrado na Equação 3.

$$F_C = \left(1 - \frac{n_0}{N}\right) \quad (3)$$

Onde;

$F_C$  – fator de correção do tamanho da amostra,

$N$  - tamanho da população conhecida.

Assim, o tamanho corrigido da amostra é calculado pela Equação 4.

$$n = \left[ n_0 * \left(1 - \frac{n_0}{N}\right) \right] \quad (4)$$

Portanto, substituindo os valores na Equação 4, tem-se:

$$n = \left[ 100 * \left(1 - \frac{100}{6000}\right) \right] \Rightarrow n = 98$$

Assim, o valor da amostra calculada é igual a 98. Isto significa que no mínimo 98 residências deveriam ser visitadas para constituir uma amostra representativa do município de Ilha Solteira.

Entretanto, considerando que Zeng et al. (2005), Afon e Okewole (2007), Hiramatsu et al. (2009) e Phuntsho et al. (2010) utilizaram amostras definidas em porcentagens da população, ou delimitando regiões, decidiu-se amostrar uma residência em cada passeio do município de Ilha Solteira, totalizando 216 residências que foram visitadas (tamanho da amostra pesquisada), superando o número calculado estatisticamente.

As entrevistas foram realizadas em residências escolhidas aleatoriamente no passeio, abrangendo toda a extensão territorial urbana do município de Ilha Solteira - SP. Os seguintes dados foram levantados: número de moradores, escolaridade, renda e hábitos de separação e acondicionamento dos materiais recicláveis.

O questionário aplicado encontra-se apresentado na Figura 2. Para os casos em que os moradores responderam que não faziam a separação, foram investigados os motivos.

Figura 2: Questionário para entrevistas sobre resíduos sólidos

QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS		
<b>1. Dados Gerais</b>		
Data: _____	Residência n°: _____	Pesquisador: _____
End. _____	n° _____	Bairro: _____
a) Escolaridade: _____	b) Renda Familiar (R\$) _____	c) Qtos moradores? _____
<b>2. Reciclagem</b>		
a) Separa os materiais recicláveis? ( ) Sim ( ) Não		
a.1) Se não, porquê? _____		
Se sim, responda as perguntas de b) a g).		
b) A Coleta Seletiva passa no local? ( ) Sim ( ) Não		
b.1) Se sim, qual dia? _____		
c) Geração semanal (unidades)		
<input type="checkbox"/> Metais - Latas de alimentos: _____ Latas de alumínio: _____		
Outros: _____		
<input type="checkbox"/> Papel/Papelão – Caixa de papelão: _____ Caixa de sabão em pó: _____		
Caixa de pasta de dente e sabonete: _____ Caixa de pizza: _____ Jornal: _____		
Revista: _____ Outros: _____		
<input type="checkbox"/> Embalagem Tetra Pak - Leite: _____ Suco: _____		
Outros: _____		
<input type="checkbox"/> PET – PET de refrigerante: _____ PET óleo: _____		
<input type="checkbox"/> Plásticos - PEAD (Embalagens rígidas) - Shampoo ou semelhante: _____ Produtos de limpeza (frasco de: a) detergente, b) água sanitária, c) amaciante): _____ Potes de alimentos ( a) margarina, b) bebidas lácteas, c) sorvete): _____		
Outros: _____		
<b>PEBD (sacolas transparentes) - Saco de alimentos (a) arroz, b) feijão, c) milho): _____</b>		
Sacolas e saquinhos _____ Outros: _____		
<input type="checkbox"/> Vidros – Transparentes: _____ Colorido: _____ Outros: _____		
d) Os materiais recicláveis são lavados? ( ) Sim ( ) Não		
e) O acondicionamento dos materiais recicláveis é feito em:		
( ) Caixa ( ) Sacolinha ( ) Saco plástico Outro: _____		
f) A acessibilidade da coleta de recicláveis é:		
( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim Obs: _____		
g) A freqüência da coleta de recicláveis é considerada:		
( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim Obs: _____		
<b>3. Resíduos domésticos</b>		
a) O acondicionamento dos resíduos é feito em:		
( ) Caixa ( ) Sacolinha ( ) Saco plástico Outro: _____		
b) A acessibilidade da coleta dos resíduos é:		
( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim Obs: _____		
c) A freqüência da coleta dos resíduos é considerada:		
( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim Obs: _____		
<b>4. Remédios</b>		
a) Os remédios vencidos são:		
( ) lançados no esgoto ( ) colocados no lixo Outra forma de disposição: _____		
<b>5. Quanto às lâmpadas fluorescentes</b>		
( ) jogadas no lixo comum ( ) separadas para a reciclagem ( ) devolvidas para as lojas		
Outra forma de disposição: _____		

Fonte: Pereira (2012)

O mapa da cidade de Ilha Solteira está mostrado na Figura 3. Para a análise dos dados, o município foi dividido de acordo com as regiões delimitadas pelos bairros, buscando encontrar características socioeconômicas que pudessem distinguir as populações entre as



Para a caracterização gravimétrica, optou-se por utilizar como base o método de Cunha e Carneiro (2007), adaptado com base em outros métodos.

Nesta caracterização, foram identificados os caminhões e as regiões que estes coletaram os resíduos sólidos. Cada caminhão despejou os resíduos coletados sobre o solo do aterro sanitário, plano e limpo.

A carga foi homogeneizada nos caminhões compactadores e manualmente, utilizando enxadas e pás como ferramentas. Este material homogeneizado foi dividido em 3 partes de volumes semelhantes e retirado uma amostra de 200 litros de cada parte.

A seguir são listados os materiais que foram utilizados para a realização desta etapa da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares que chegam ao aterro sanitário.

- Balança de pesagem dos materiais separados;
- 03 tambores de 200 litros;
- Enxada;
- Equipamentos de proteção individual – EPI: luvas, avental, botas, máscara respiratória e óculos de proteção;

As amostras coletadas no aterro sanitário foram levadas para a COOPERSELLI, onde foram pesadas. Após a pesagem foi realizada a separação dos materiais em categorias conforme a classificação proposta por Sharma e McBean (2009), como mostra o Quadro 1 e cada categoria foi pesada para a caracterização do lixo.

Quadro 1. Categorias principais e secundárias dos resíduos sólidos

<b>Categoria principal:</b>	<b>Categoria Secundária</b>
Metais	Metais Fe (alimentos) Metal Fe (outros) Metal não-Fe (cerveja) Metais não-Fe (refrigerantes) Metal não-Fe (alimentos) Metal não-Fe (outros) Outros metais
Papéis	Papel fino Papel de jornal Papelão Livro
Plásticos	Plástico filme Plástico PET Plástico PEAD Plástico PEBD Plástico PVC Plástico PP Plástico PS Outros plásticos
Orgânico	Orgânica quintal e jardim Resíduos orgânicos alimentares madeira Orgânica Orgânica têxteis Orgânica de borracha (pneus) Os materiais orgânicos múltiplos
Vidro	Bebidas de vidro alimentos de vidro outros vidro
Inorgânicos	rochas inorgânicos areia Inorgânicos outros
Resíduos domésticos perigosos	Medicamentos

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização dos serviços de coleta e disposição final dos resíduos sólidos

Atualmente, o destino final dos resíduos sólidos da cidade de Ilha Solteira – SP é o aterro sanitário, que entrou em operação em dezembro de 2008.

O aterro possui uma guarita, uma esteira, manta de impermeabilização de PEAD, canalizações de coleta de chorume e duas lagoas de tratamento do chorume. Nas imediações do aterro existe um poço artesiano para o abastecimento de água, mas que não está funcionando. A Figura 4 mostra uma fotografia do aterro sanitário e a Figura 5 apresenta uma fotografia da lagoa de estabilização do chorume.

Figura 4. Vista do aterro sanitário de Ilha Solteira – SP



Fonte: Pereira (2012)

Figura 5. Vista da lagoa de estabilização de chorume.



Fonte: Pereira (2012)

A coleta do lixo orgânico domiciliar compreende toda a malha urbana do município e é realizada durante todos os dias, excetuando-se as quartas-feiras e domingos. Nas quartas-feiras é realizada a coleta dos materiais recicláveis, também em toda a área urbana, e aos domingos é realizada a coleta de lixo nas praias, portos e feiras, onde apenas um caminhão opera.

A coleta de lixo orgânico é feita no período diurno, que se inicia às 06:00 horas e se estende até às 13:00 horas. A coleta de lixo orgânico é feita por três caminhões compactadores, sendo um caminhão compactador da marca Volkswagen fabricado em 2002 e os outros dois caminhões da marca Ford fabricados em 1994 e 2006 (Figura 6).

Figura 6. Caminhão compactador de lixo marca Ford ano de fabricação 2006.



Fonte: Pereira (2012)

A administração municipal de Ilha Solteira – SP, no início da operação do novo aterro, realizou uma parceria com Companhia Energética de São Paulo – CESP e fez a pesagem dos resíduos sólidos domésticos no período de 15/12/2008 à 06/02/2009, totalizando 8 semanas.

O período avaliado pela prefeitura é atípico, pois compreende as férias escolares e há uma significativa diminuição da população. Em Ilha Solteira a população de estudantes universitários, que na sua maioria são de famílias residentes em outros municípios, corresponde a cerca de 10% da população. Além disto, o período avaliado compreende a época de festas de Natal e Ano Novo, que contribuem para o aumento significativo da geração do lixo doméstico.

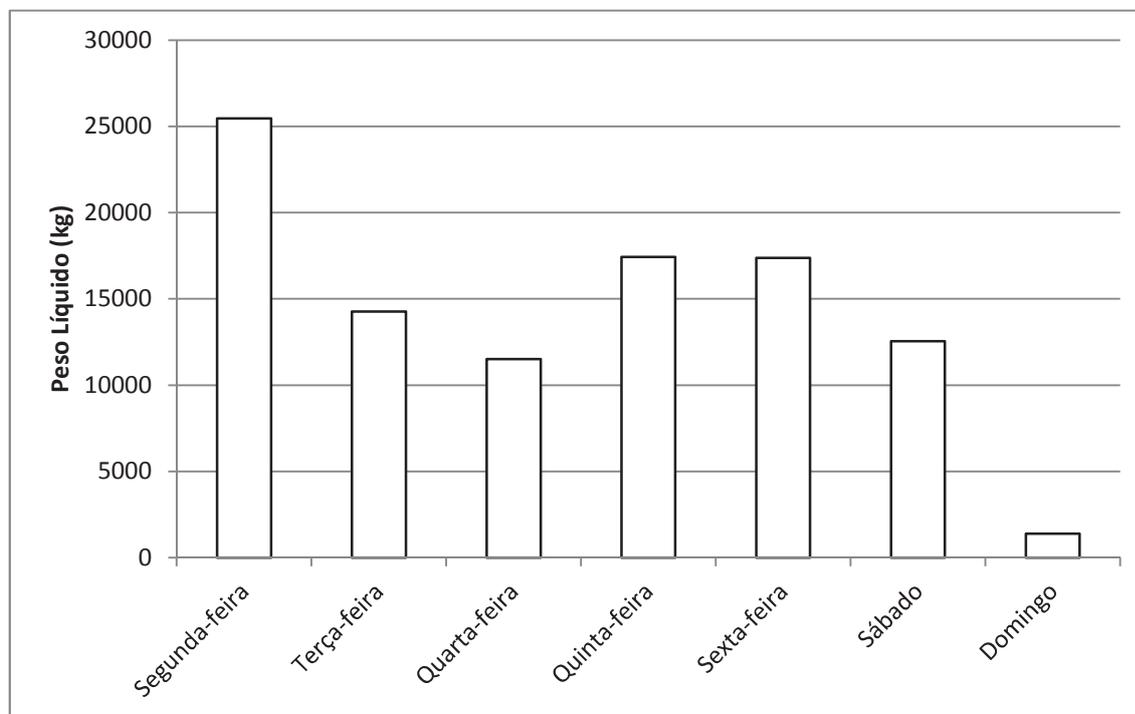
A partir dos dados registrados, foram estimadas a geração diária de lixo do município, na qual obteve média de  $15.277,57 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ , e a taxa *per capita* de geração de lixo média de  $0,610 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ . Entretanto, nestas estimativas também foram consideradas a geração de resíduos sólidos dos estabelecimentos comerciais e de escritório.

Phuntsho et al. (2010) observaram que uma família do Butão com uma média de 4,7 pessoas produz entre  $0,6$  a  $1,2 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$  de resíduos. A média da taxa de geração de resíduos domésticos pelas famílias nas 10 cidades pesquisadas foi  $0,96 \text{ kg} \cdot \text{família}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ . A média de geração de resíduos domiciliares per capita variou entre  $0,18$  e  $0,36 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ , com média de  $0,25 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ . Entretanto, se forem considerados os resíduos comerciais e industriais, a média per capita municipal de geração de resíduos sólidos foi estimado em  $195 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  ou  $0,53 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  nas áreas urbanas do Butão.

Esses valores estão muito próximos ao calculado para o município de Ilha Solteira, considerando-se os dados obtidos em 2008, que por sua vez está bem acima do valor  $0,129 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$  calculado por Afon e Okewole (2007) para a geração per capita de resíduos sólidos domésticos em Oyo na Nigéria.

A Figura 7 apresenta as médias diárias das 8 semanas em que os resíduos foram pesados. Observa-se que segunda-feira é o dia com o maior volume de lixo coletado na cidade.

Figura 7. Distribuição dos pesos coletados pelo dia da semana na avaliação de dezembro de 2008.



Um dos motivos para a maior quantidade gerada na segunda-feira é porque não há coleta domiciliar aos domingos, caracterizando este dia como o de menor volume de lixo coletado.

O município disponibiliza à população o serviço de coleta de galhos e de podas de jardim de segunda a sexta-feira. A coleta é realizada por um trator caçamba que destina estes resíduos para uma máquina trituradora, que fica no viveiro de mudas do município. O produto gerado do triturador é aproveitado na adubação das mudas do viveiro.

A existência de lixões e aterros sanitários inativos aumenta consideravelmente com o tempo. O aumento desses passivos ambientais também gera outro problema para a municipalidade que é onde destinar os resíduos sólidos urbanos no futuro. Calijuri et al. (2007) utilizaram de metodologia multicritérios para identificar novas áreas adequadas para aterros sanitários no Baixo Ribeira do Iguape-SP, e concluíram que a metodologia foi eficiente para este tipo de estudo. Entretanto, o volume de resíduos sólidos deve ser diminuído, pois a tendência é que novos aterros tenham seus custos de operação cada vez maiores. A destinação específica dos resíduos de jardinagem promovido pelo município de Ilha Solteira é uma ação que contribui para o aumento da vida útil do aterro municipal.

A reutilização de resíduos sólidos orgânicos é viável e também pode reduzir significativamente o volume de resíduos que é encaminhado para o aterro sanitário; consequentemente, aumentando a sua vida útil. Leite et al. (2003) mostraram a viabilidade tecnológica de utilização de reatores anaeróbios de batelada para estabilizar resíduos de feiras livre (vegetais) e lodo de esgoto, obtendo como produto final o biogás, com cerca de 60% de metano, e composto orgânico parcialmente estabilizado.

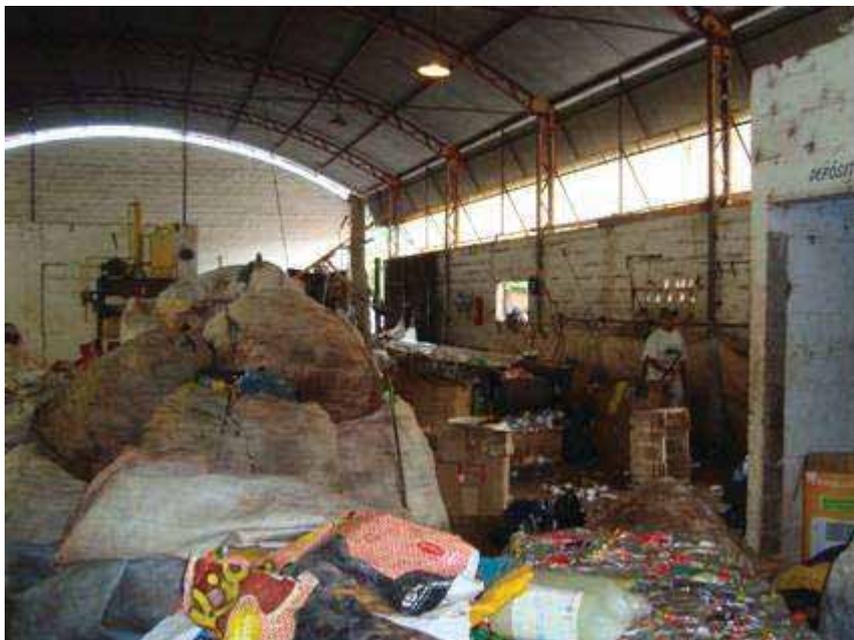
No município existe a Cooperativa de Trabalho e Produção de Lixo de Ilha Solteira – COOPERSELI que funciona desde setembro de 2002. A cooperativa foi formada por iniciativa do governo municipal, que recrutou 80 pessoas e selecionou 20 cooperados. Atualmente, trabalham 12 cooperados, sendo todos eles do sexo masculino e a maioria com o 2º grau completo de escolaridade. A cooperativa funciona de segunda a sexta-feira das 07:00 horas às 17:00 horas. A Figura 8 mostra a fachada e a Figura 9 mostra o galpão da COOPERSELI.

Figura 8. Vista da fachada da COOPERSELI.



Fonte: Pereira (2012)

Figura 9. Vista do interior do galpão da COOPERSELI.



Fonte: Pereira (2012)

A prefeitura e a cooperativa possuem um convênio, em que a prefeitura fornece o barracão, um caminhão basculante Mercedes Benz, modelo 1113, fabricado em 1979, um motorista e paga as contas de energia elétrica e água. Eventualmente, a prefeitura ajuda na compra de máquinas.

Do dinheiro total obtido por meio da venda dos materiais recicláveis, 10% é destinado para o fundo de reserva da cooperativa, conforme prescreve a Lei do Cooperativismo Brasileira (Lei n.º 5.764 de 16 de dezembro de 1971). Além deste valor, a administração da cooperativa destina outros 5% para este fundo de reserva para eventuais manutenções e substituições dos equipamentos.

Do montante restante (85%), é retirado o pagamento do contador e da conta de telefone, e o remanescente do dinheiro é rateado entre os cooperados. Em 2010, os cooperados receberam em média de R\$ 750,00 por mês.

No período da crise econômica (2008-2009) os cooperados recebiam em torno de R\$ 350,00 mensais. Neste período, um dos cooperados saiu da cooperativa e a prefeitura iniciou a doação de cestas básicas, para incentivar a atividade dos cooperados. A prefeitura ainda mantinha as doações de cestas básicas aos cooperados em 2010.

A COOPERSELLI possui uma esteira rolante, duas prensas enfardadeiras e uma balança eletrônica com carga máxima de 1.000 kg. O Quadro 2: Características dos resíduos recicláveis em Ilha Solteira – SP apresenta os materiais separados pela cooperativa, o respectivo valor dos materiais (relativo a janeiro de 2010), o valor do material durante o período da crise (2008-2009), os principais compradores e as principais cidades de destino.

Quadro 2: Características dos resíduos recicláveis em Ilha Solteira – SP

Material	Valor médio (R\$/kg)	Valor crise (R\$/kg)	Comprador	Cidade de Destino
PET	0,85	0,50		Birigui - SP
PET Óleo	0,25	*		
Papelão	0,33	0,18	Centro Plastic Andradina	Andradina -SP
Papel Branco	0,30	0,20		
PEAD leitoso	0,90	0,50		
PEAD colorido	0,80	0,40		
PEBD sacolinha	0,20	*		
PEBD plástico cristal	0,75	0,40	Gaúcho Paper Mur	Pres. Prudente - SP
PEBD colorido (misto)	0,40	0,25		
OS	0,25	*		
Balde/Bacia	0,60	*		
PVC	0,60	*		
Papel Jornal				
Papel Revisa	0,04	*		
Papel Gráfica				Fernandópolis - SP
Tetra Pak				
Vidro	0,07	0,03		
Sucata ferroso	0,15	*	Ferro São Paulo Sacomani	Fernandópolis - SP Parapuã - SP
ABS	0,15	*		

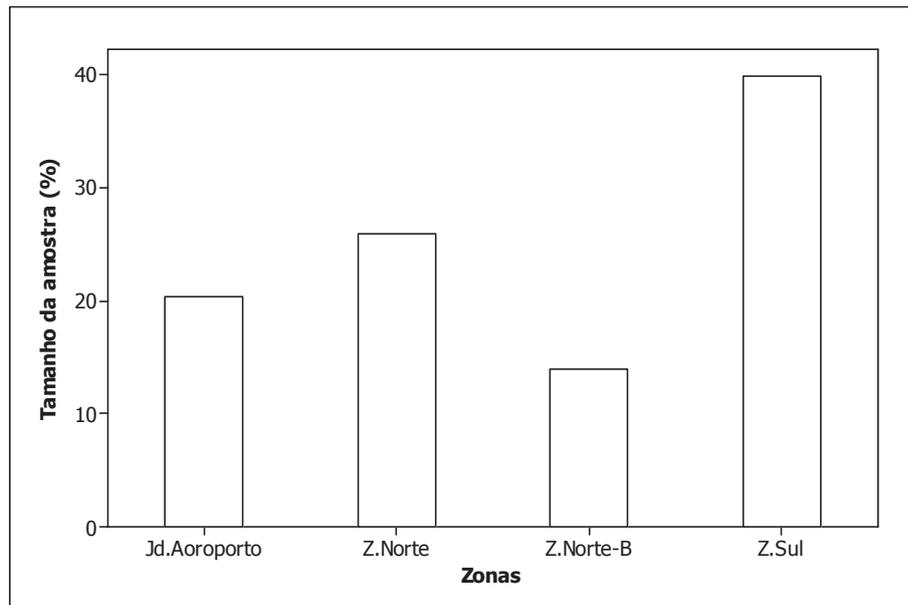
\* No período da crise estes produtos não tinham compradores, portanto não eram vendidos

## 5.2 Perfil socioeconômico dos moradores

Com o objetivo de conhecer o perfil socioeconômico dos moradores de Ilha Solteira, e associar esse perfil com o comportamento de separação dos materiais recicláveis, aplicou-se um questionário (Figura 2) em uma amostra representativa das residências do município.

As amostras foram definidas por zona, de acordo com o número de residências de cada zona, conforme metodologia descrita anteriormente. A Figura 10 mostra a distribuição porcentual da quantidade de questionários aplicados em cada zona municipal.

Figura 10. Distribuição das zonas amostradas



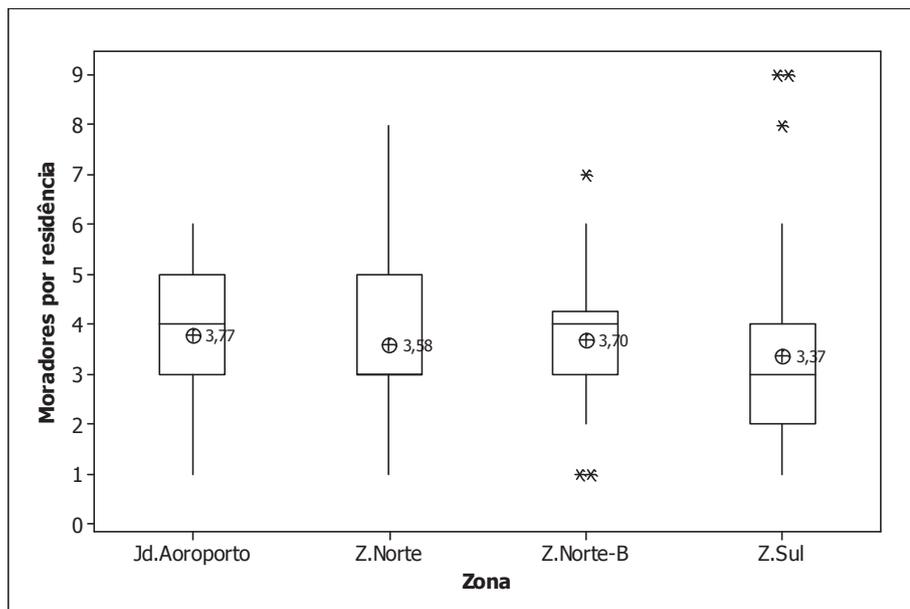
Fonte: Pereira (2012)

Foram realizadas 44 entrevistas no Jardim Aeroporto (20% da amostra), 56 entrevistas na zona Norte (26% da amostra), 30 entrevistas na zona Norte-B (14% da amostra) e 86 entrevistas na zona Sul (40% da amostra), totalizando 216 entrevistas.

O número médio de moradores por residência no município de Ilha Solteira, estimado a partir dos questionários aplicados, é 3,55. A

Figura 11 mostra a distribuição do número de moradores em cada zona, segundo levantamento realizado. Verifica-se nessa figura que a distribuição em nenhuma das zonas avaliadas é normal, ou seja, possui uma assimetria em relação a medida de posição central (mediana).

Figura 11. Distribuição do número de moradores em cada zona avaliada.



Fonte: Pereira (2012)

Observa-se na

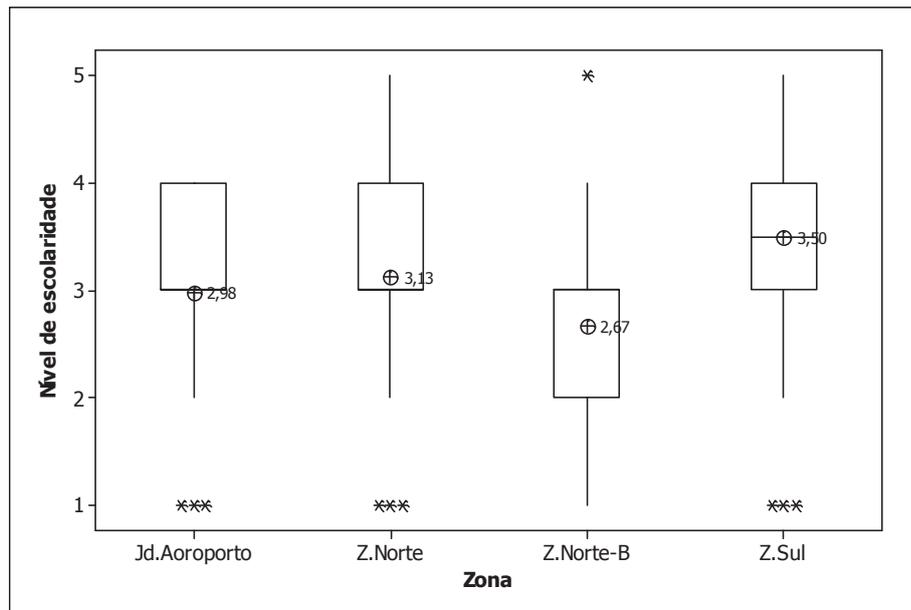
Figura 11 que apesar das médias de número de moradores entre as zonas serem semelhantes, confirmados pelo teste de Fischer a 5% de probabilidade, a distribuição em cada zona é distinta. Enquanto a zona Sul e a Norte possuem uma distribuição de número de moradores mais concentrada em 3, a zona Norte-B e Jd. Aeroporto possuem a concentração de número de moradores em 4.

Considerando todas as entrevistas, sem estratificar por zona, verificou-se que a maior parte da população possui segundo grau completo e/ou superior incompleto de instrução (cerca de 50%) e cerca de 5% da população possui pós-graduação, mestrado e/ou doutorado de escolaridade.

Na Figura 12, observa-se que existem diferenças entre as zonas avaliadas no que se refere ao grau de escolaridade dos moradores. Para confirmar se essas diferenças observadas na análise descritiva são significativas, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade nos dados. Verificou-se que a zona Norte-B possui um grau de escolaridade significativamente menor que as demais zonas. A zona Sul, um grau de escolaridade significativamente maior

que as demais. Não há diferenças entre as zonas Norte e Jd Aeroporto para a variável escolaridade.

Figura 12. Distribuição do grau de instrução dos moradores em cada zona avaliada.

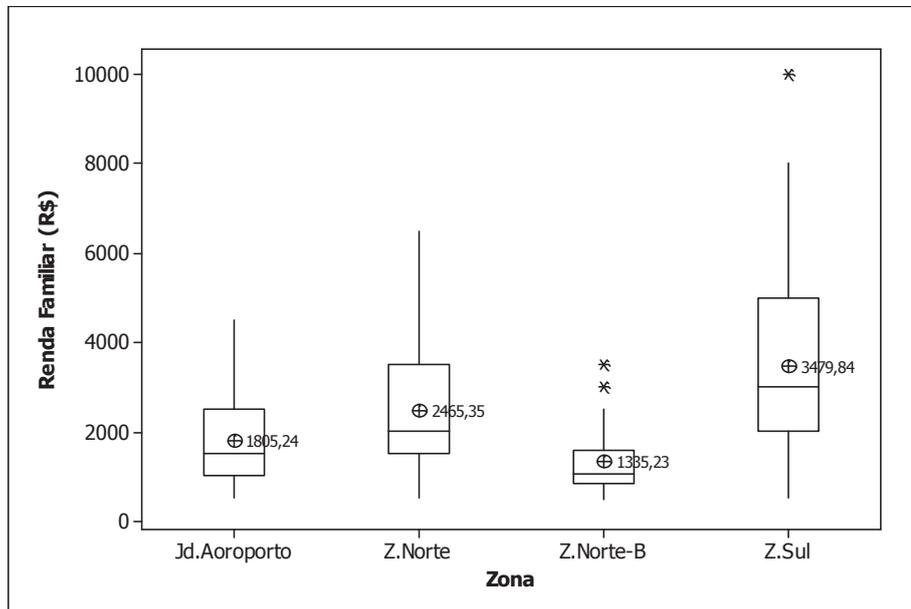


Nível 1: não possuem estudo, ensino primário e/ou primeiro grau incompleto. Nível 2: primeiro grau completo e/ou segundo grau incompleto. Nível 3: segundo grau completo e/ou superior incompleto. Nível 4: superior completo. Nível 5: pós-graduados, mestres e/ou doutores.

Fonte: Pereira (2012)

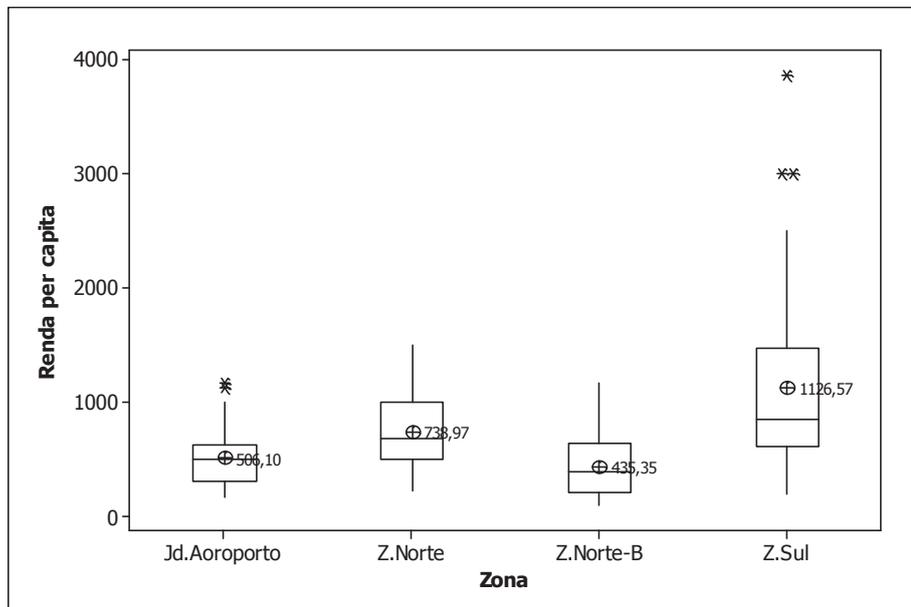
A Figura 13 mostra a distribuição da renda familiar em cada zona avaliada. Observa-se nessa figura que há diferenças significativas na renda entre as zonas. Para confirmar essas evidências, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade. Este teste revelou que todas as zonas diferem entre si para a variável renda familiar, sendo que a zona Sul possui a maior renda média (R\$3.479,84), seguida da zona Norte (R\$2.455,35), Jd Aeroporto (R\$1.805,24) e zona Norte-B (R\$1.335,23).

Figura 13. Distribuição renda familiar em cada zona avaliada.



Fonte: Pereira (2012)

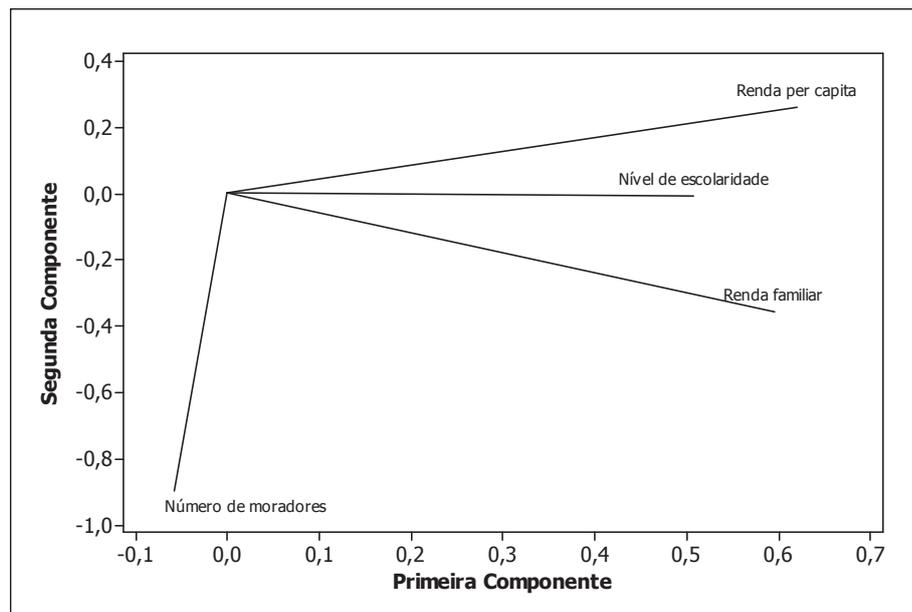
Figura 14. Distribuição renda *per capita* em cada zona avaliada.



Fonte: Pereira (2012)

O mesmo foi observado para a renda *per capita*, apresentada na Figura 14. O teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade também confirmou que a média das rendas entre as zonas são diferentes, sendo que a zona Sul possui a maior renda *per capita* (R\$1.126,57), seguida da zona Norte (R\$739,97), Jd Aeroporto (R\$506,10) e zona Norte-B (R\$436,35).

Figura 15. Gráfico de componentes principais para as variáveis avaliadas para caracterizar a população de Ilha Solteira.



Fonte: Pereira (2012)

A análise multivariada de componentes principais apresentada na Figura 15 mostra que as variáveis de renda estão positivamente associadas com o nível de escolaridade da população, ou seja, quanto maior o grau de instrução maior a renda; e que o número de moradores por residência não está associada as outras variáveis.

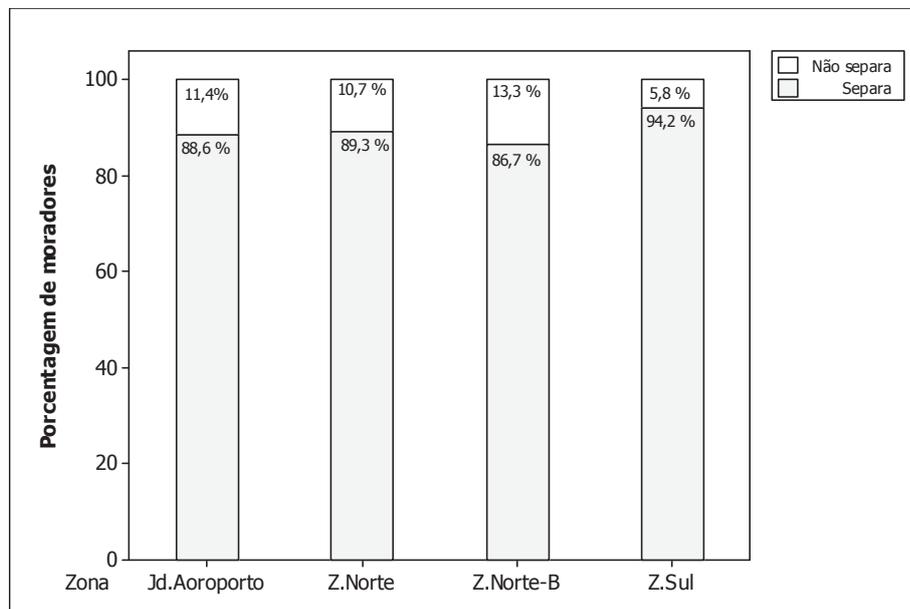
Diante das análises realizadas, pode-se dizer que o município de Ilha Solteira tem sua população estratificada em zonas, no que tange ao seu grau de instrução e renda. Isto confirmado, este trabalho buscou avaliar as possíveis diferenças no comportamento de separação de materiais recicláveis por zona e também qualificar os resíduos sólidos que cada zona da cidade encaminha para o aterro sanitário.

### **5.3 Análise do comportamento de separação dos resíduos sólidos pelos moradores**

Nas entrevistas, foi questionado aos moradores se eles faziam a separação de materiais recicláveis. O resultado geral para o município foi de que 90,7 % dos moradores fazem a separação desses materiais. Mas, o percentual de moradores que fazem a separação dos materiais recicláveis não segue o mesmo padrão em todo o município de Ilha Solteira. A Figura 16 mostra que a zona Sul é a que tem maior adesão de moradores separando materiais (94,2%), seguido da zona Norte (89,3%), do Jd Aeroporto (88,6%) e zona Norte-B (86,7%). Essa ordem de adesão dos moradores na separação dos materiais recicláveis é a mesma observada para a renda da familiar e per capita, que por sua vez estão associadas ao grau de instrução. Considerando os valores percentuais de pessoas que não separam os materiais recicláveis da zona Sul (5,8%) e da zona Norte-B (13,3%), esses resultados permitem afirmar que as pessoas menos instruídas (zona Norte-B) têm até duas vezes mais chance de não separar os materiais recicláveis que as pessoas mais instruídas (zona Sul).

Em uma pesquisa realizada em um bairro da periferia de Salvador-BA, Rêgo et al. (2002) verificaram que as mulheres desse bairro definem o lixo como sendo tudo aquilo que não pode mais ser aproveitado e o consideram um problema quando acumulados no ambiente, pois provocam mau cheiro, doenças e torna-se foco de animais. Essa percepção dos resíduos provavelmente é a mesma dos moradores de Ilha Solteira e ajuda a explicar em parte a grande adesão desses moradores no processo de coleta seletiva.

Figura 16. Percentual de pessoas que separam os materiais recicláveis no município de Ilha Solteira estratificado por zona.

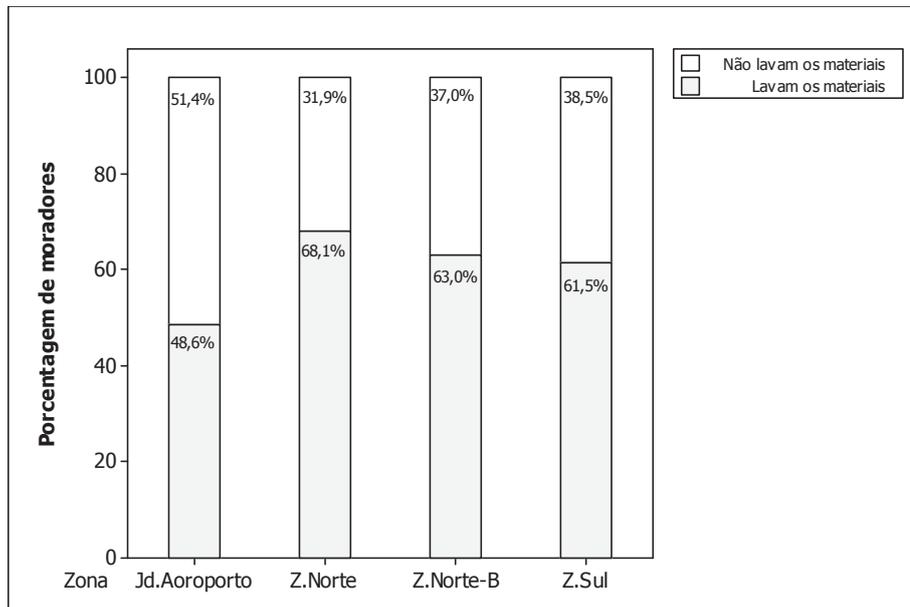


Fonte: Pereira (2012)

Observa-se na Figura 16 que a grande maioria das pessoas entrevistadas afirmaram que separam os materiais recicláveis. Entretanto, essa separação pode não ser completa ou eficiente.

No município de Ilha Solteira 39% dos entrevistados não lavam os materiais recicláveis separados. A Figura 17 mostra o percentual de moradores que lavam o material separado antes de disponibilizar para a coleta seletiva, estratificado por zona. Esse comportamento implica na geração de vetores como: ratos, moscas, baratas entre outros animais que podem causar danos a saúde dos trabalhadores do serviço de limpeza pública e dos comerciantes desses materiais.

Figura 17. Porcentual de pessoas que lavam os materiais recicláveis separados no município de Ilha Solteira estratificado por zona.

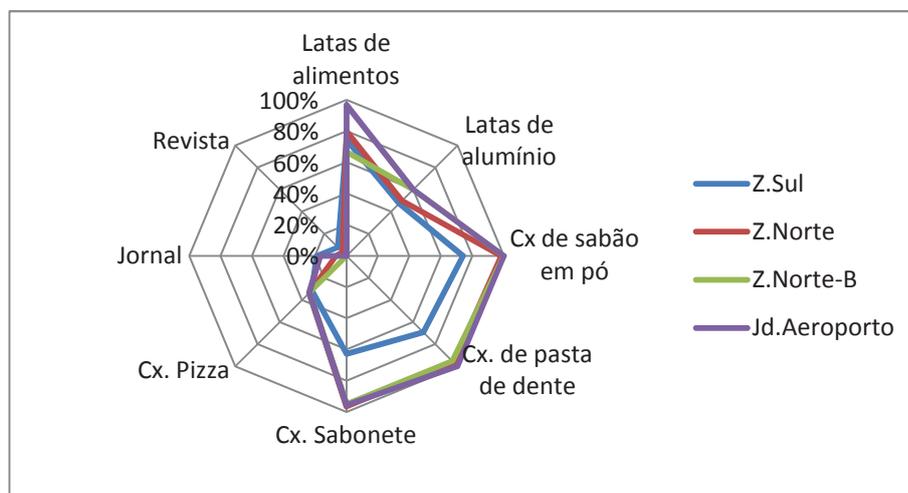


Fonte: Pereira (2012)

A seguir são apresentados os resultados que mostram a proporção de moradores que fazem a separação dos principais materiais recicláveis em cada zona urbana avaliada. Nas Figura 18, Figura 19 e Figura 20 são apresentados os dados de participação da população na separação dos materiais recicláveis. As diferenças entre as zonas para cada material separado foram testadas pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Para os materiais descritos na Figura 18, lata de alimento, lata de alumínio, caixa de pizza, jornal e revista não foi verificada diferenças significativas entre as zonas no porcentual de pessoas que responderam que separam esses materiais. A zona Sul separa significativamente menos os materiais caixa de sabão em pó, caixa de pasta de dente e caixa de sabonete em comparação as outras zonas ( $p < 0,05$ ).

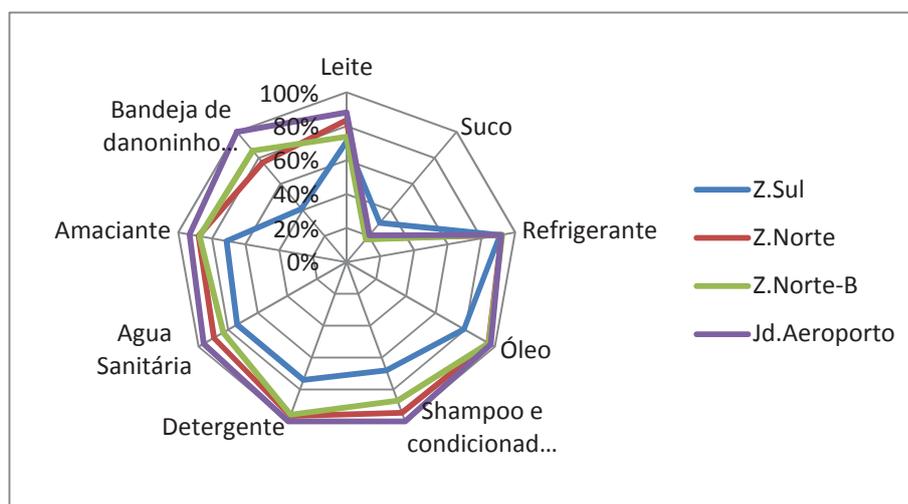
Figura 18. Porcentual de pessoas que separam latas de alimento, latas de alumínio, caixa de sabão em pó, caixa de pasta de dente, caixa de sabonete, caixa de pizza, jornal e revista no município de Ilha Solteira, estratificado por zona.



Fonte: Pereira (2012)

Para os materiais descritos na Figura 19, não foi verificada diferenças significativas entre as zonas para as embalagens de leite, suco, refrigerante e óleo. Para as embalagens de *shampoo* e condicionador e embalagens de iogurte a zona Sul separou significativamente menos que as demais zonas ( $p < 0,05$ ), que não diferiram entre si. A zona Sul também separou significativamente mais vasilhas de detergente do que as zonas Norte e Jd. Aeroporto ( $p < 0,05$ ), e estas zonas não diferiram estatisticamente da zona Norte-B.

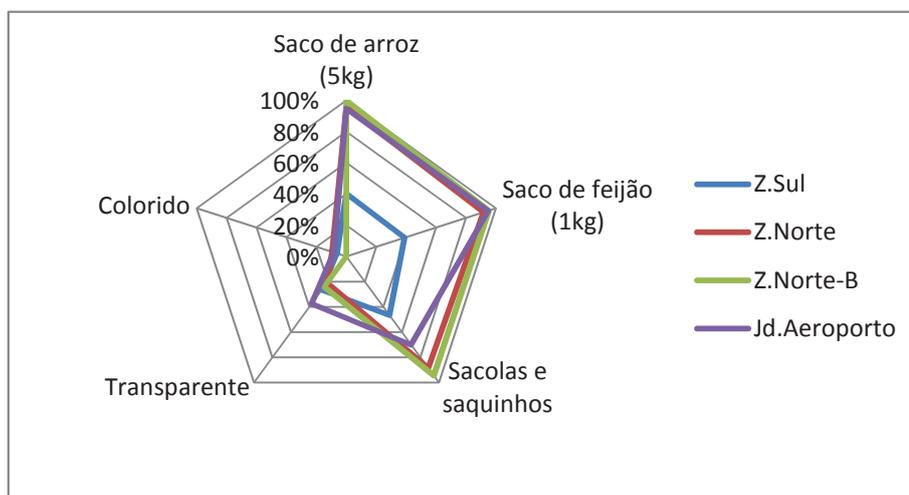
Figura 19. Porcentual de pessoas que separam embalagens de leite, de suco, de refrigerante, de óleo, de shampoo e condicionador, de detergente, de água sanitária, de amaciante e de iogurtes no município de Ilha Solteira, estratificado por zona.



Fonte: Pereira (2012)

Para os materiais descritos na Figura 20, saco de arroz, saco de feijão e sacolas e sacolinhas foram separados com menor frequência pelos moradores da zona Sul ( $p < 0,05$ ). As demais zonas não apresentaram diferenças significativas no percentual de moradores que separam esses materiais. Os vidros transparentes e coloridos não apresentaram diferenças no comportamento de separação entre os moradores das regiões analisadas.

Figura 20. Percentual de pessoas que separam sacos de arroz, sacos de feijão, sacolas e sacolinhas, vidros transparente e vidros coloridos no município de Ilha Solteira, estratificado por zona.



Fonte: Pereira (2012)

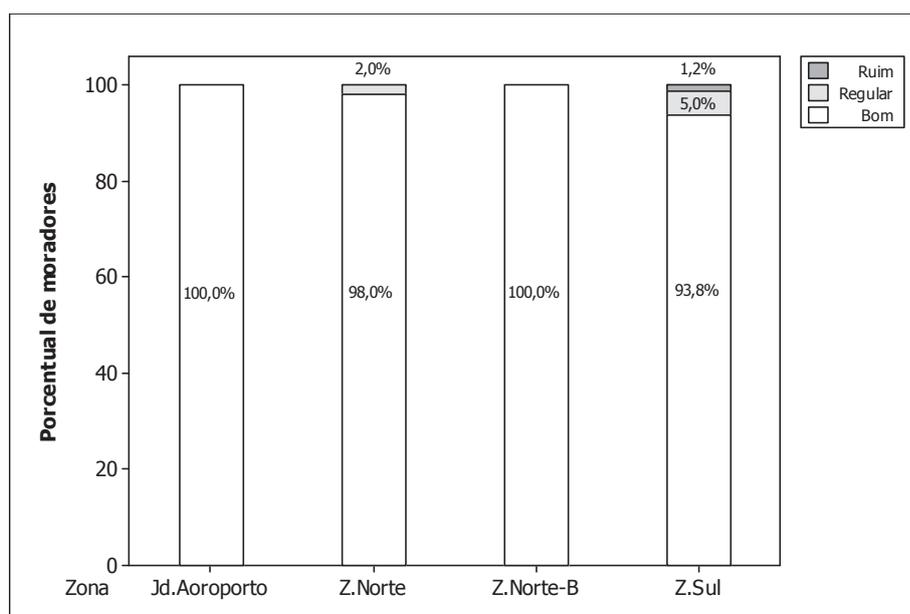
Ressalta-se que os materiais caixa de pizza, jornal, revista, caixa de suco e vidros (transparente e coloridos) tiveram baixo índice de respostas de pessoas que declararam separar esses materiais. Um dos motivos do baixo índice de separação desses materiais é porque os entrevistados não consomem estes produtos, porém é preciso verificar se esses materiais estão chegando ao aterro sanitário municipal.

Outra característica observada na análise dos dados obtidos com as entrevistas, é que a zona Sul declarou separar significativamente menos alguns materiais recicláveis de importante valor econômico. Este resultado era inesperado, pois se acreditava que a cidadania estivesse associada ao grau de instrução e renda, significativamente maiores na zona Sul quando comparada com o restante do município.

Nota-se na Figura 21 que a percepção dos moradores sobre a acessibilidade da coleta de materiais recicláveis no município é considerada muito boa. Na zona Sul 6,2% declararam que a coleta de materiais recicláveis na sua residência era regular ou ruim. Esta percepção de que a coleta desses materiais é ruim na sua residência pode explicar parcialmente o comportamento dos moradores dessa zona urbana em participar menos do processo de coleta seletiva municipal.

O acondicionamento dos materiais recicláveis para posterior coleta seletiva não diferiu entre as zonas urbanas, sendo que as pessoas preferem acondicionar esses materiais em sacolinhas plásticas (56,3%), seguido de sacos plásticos (32,5%), caixas de papelão (6,6%) e outras formas de acondicionamento (4,6%).

Figura 21. Percepção dos moradores de cada zona urbana sobre a acessibilidade da coleta de materiais recicláveis na sua residência.

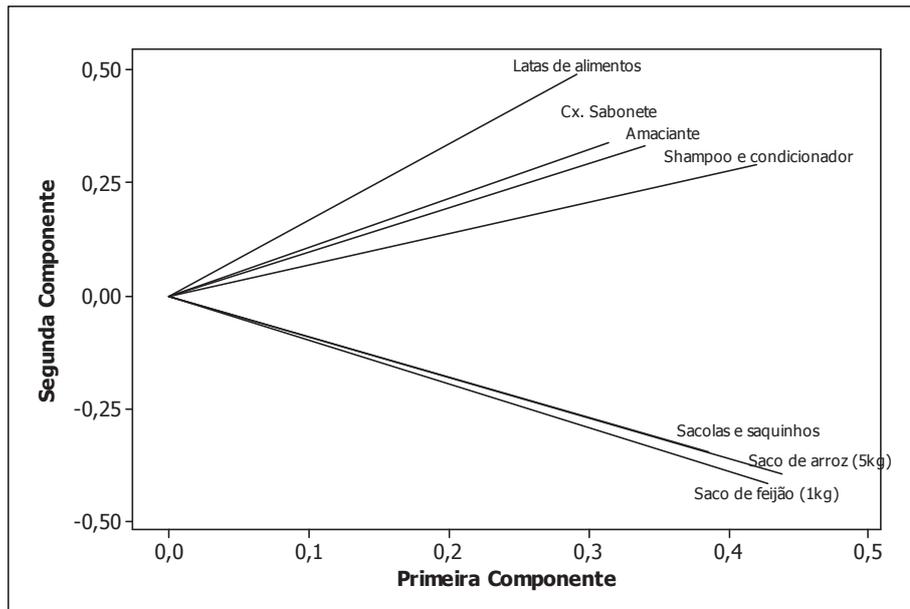


Fonte: Pereira (2012)

A Figura 22 mostra uma análise de componentes principais que permite identificar a associação entre alguns materiais que tendem a ser separados conjuntamente. Cada material é representado por um vetor. Vetores que possuem mesma direção e sentido correspondem a materiais que são separados em conjunto pelos moradores. Nesta análise, observa-se que os sacos de arroz, sacos de feijão e sacolas e saquinhos formam um grupo de materiais que são separados na maioria das vezes em conjunto. Da mesma forma, verificou-se que latas de

alimentos, caixas de sabonete, embalagem de amaciante e embalagens de *shampoo* e condicionador também são separados pelos mesmos moradores.

Figura 22. Análise multivariada de componentes principais da associação de grupos de materiais que são separados conjuntamente pelos moradores de Ilha Solteira.



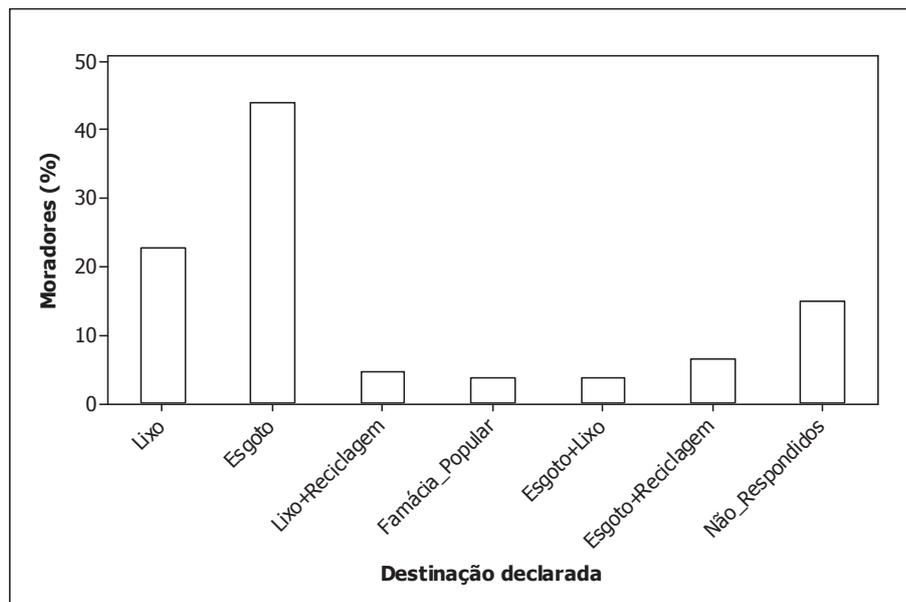
Fonte: Pereira (2012)

Nesta análise parece haver alguma similaridade entre os materiais separados. No primeiro grupo, os materiais apesar de serem diferentes na sua composição, têm em comum serem de produtos que não carregam resíduos orgânicos residuais.

Uma das questões levantadas nesta pesquisa foi quanto a destinação final dos medicamentos vencidos. A ABNT 10.004/2004 classifica os resíduos de acordo com os riscos potenciais que possam ser causados ao meio ambiente e a saúde pública, os medicamentos se enquadram nos resíduos perigosos, classe I.

Percebe-se na Figura 23 que a maior parte dos remédios são lançados no esgoto, sejam eles comprimidos ou remédios líquidos. Dos entrevistados que responderam que jogam os remédios no esgoto, justificaram a ação como forma de prevenir que alguma pessoa possa ter contato com estes resíduos principalmente os catadores de lixo e crianças. Mais de 20% dos entrevistados jogam os medicamentos no lixo domiciliar.

Figura 23. Destinação declarada pelos moradores de Ilha Solteira para os remédios vencidos.



Fonte: Pereira (2012)

Outra forma citada pelos entrevistados de destinação final foi jogar os remédios sólidos no lixo e a embalagem, inclusive o frasco do medicamento, na reciclagem. Esta forma foi citada principalmente por idosos e que fazem a separação de tudo que geram em casa. A farmácia popular foi citada por menos de 5% da população que devolve os remédios vencidos e não vencidos. E mais de 5% dos entrevistados não souberam responder.

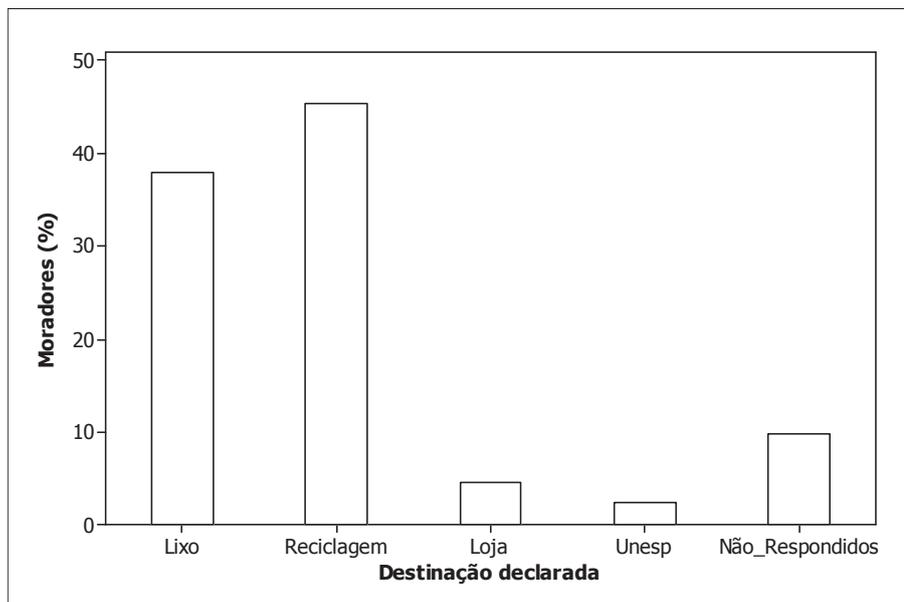
Esses resíduos deveriam ter a mesma destinação dos resíduos dos serviços de saúde, devido ao seu grau de contaminação ao ambiente e risco a saúde dos trabalhadores da coleta municipal.

De acordo com Ferreira e Anjos (2001) a saúde pública e a saúde do trabalhador são relegados a um plano secundário quando o assunto é gerenciamento de resíduos sólidos. Potencializando os riscos a saúde pública, esse descaso se estende aos resíduos hospitalares, que são altamente infecciosos, e tendem a ter sua periculosidade minimizada pelas instituições responsáveis pelo seu tratamento (FERREIRA, 1995). Sales et al. (2009) fizeram um estudo sobre o gerenciamento de resíduos sólidos de serviços da saúde no município de Marituba-PA, e constataram que de modo geral as normas federais para o manuseio, carregamento e disposição desses resíduos não eram atendidas, aumentando o risco para a saúde pública. Entretanto, Silva et al. (2011) caracterizaram microbiologicamente lixiviados de resíduos

sólidos doméstico e da saúde, encontrando em ambas densidades populacionais expressivas. Esses autores não encontraram diferenças entre os resíduos sólidos domiciliares e de serviços da saúde nesta avaliação microbiana, reforçando a codisposição desses resíduos em aterro sanitário.

A destinação das lâmpadas também foi verificada nas entrevistas. Observa-se na Figura 24 que a destinação principal é a reciclagem, seguida do lixo.

Figura 24. Destinação declarada pelos moradores de Ilha Solteira para as lâmpadas.

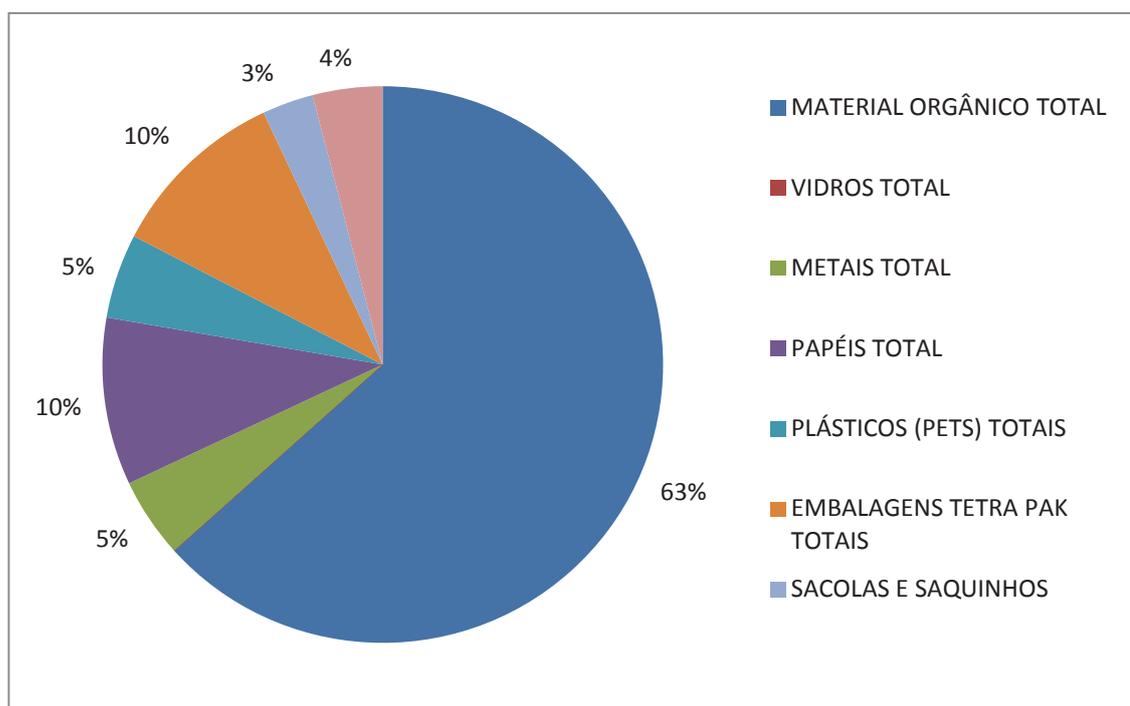


Fonte: Pereira (2012)

#### 5.4 Análise gravimétrica do lixo

A Figura 25 mostra a composição percentual dos resíduos domésticos que chegam ao aterro de Ilha Solteira, classificados por categoria de resíduo, resultado da avaliação gravimétrica realizada. Nota-se que apenas 5% do resíduo (peso) é constituído de garrafas de politereftalato de etileno - PET, item que cerca de 90% da população de Ilha Solteira diz separar. Já resíduos de papel, que uma baixa porcentagem de moradores separa, representa 9% do peso dos resíduos que chegam ao aterro.

Figura 25. Caracterização dos resíduos domésticos que chegam ao aterro sanitário de Ilha Solteira - SP.



Fonte: Pereira (2012)

Conforme observa-se na Figura 25, cerca de 40% dos resíduos que chegam ao aterro de Ilha Solteira não deveriam ter esse destino. A vida útil do aterro pode ser ampliada se parte dos resíduos orgânicos, que constitui a maior quantidade de resíduos que chegam a esse aterro (62%), for estabilizado por meio de compostagem e reaproveitado como adubo orgânico nas praças e jardins municipais.

Sabe-se que o peso total dessas amostras (todas as zonas somadas) foi de 267,9 kg. Assim, por exemplo os 13,4 kg de garrafas PET que chegaram ao aterro corresponde a uma perda estimada de R\$11,40, segundo a tabela de preços obtidas junto a Cooperativa COOPERSELI (Quadro 2). No total, dos resíduos que poderiam ser reaproveitados e gerar renda para os catadores de lixo, R\$26,47 foram destinados para o aterro sanitário somente nos resíduos avaliados nessa gravimetria.

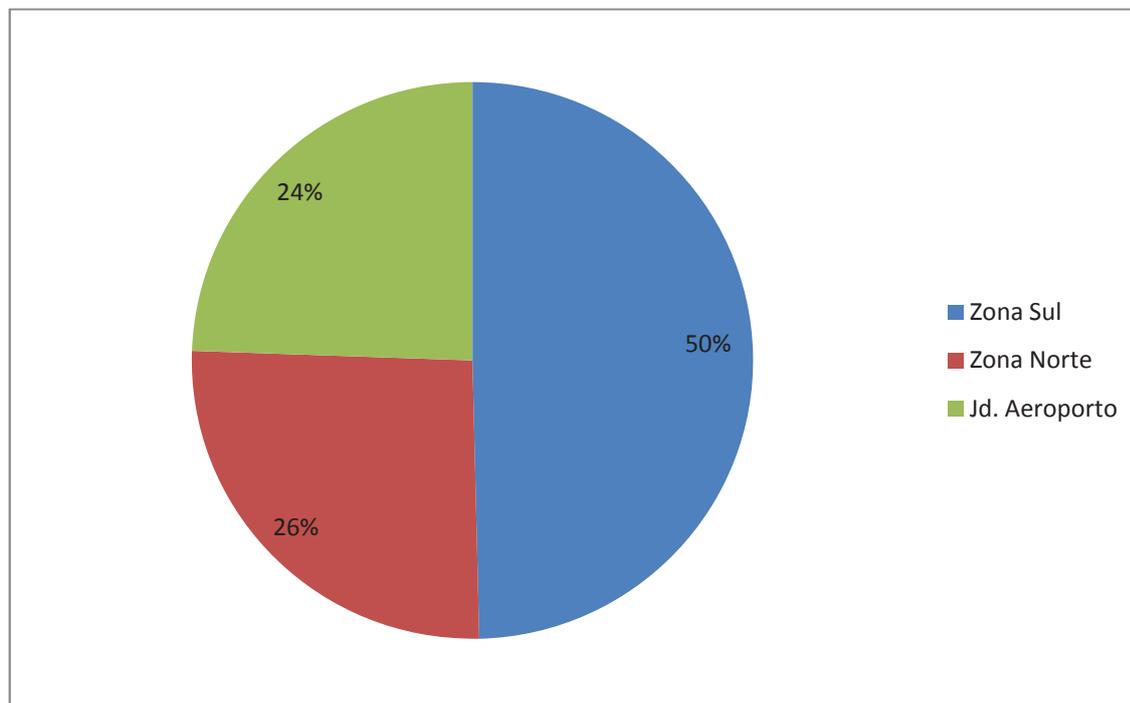
Considerando a geração média diária de lixo do município, de  $15.277,57 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$ , dado obtido no início da operação do aterro sanitário, e utilizando as informações obtidas na COOPERSELLI (Quadro 2), estimaram-se os pesos e os valores em reais dos materiais recicláveis que poderiam estar sendo destinados a cooperativa, mas estão sendo destinados ao

aterro sanitário. A Tabela 1 mostra a categoria dos materiais amostrados, a porcentagem encontrada na amostra, o peso total de lixo que é encaminhado ao aterro sanitário, a estimativa do peso dos materiais os valores médios pagos pelos materiais recicláveis e o cálculo médio de quanto se perde em reais na venda dos materiais.

Tabela 1. Peso (em kg) e valores (em R\$) estimados dos materiais recicláveis que estão sendo destinados ao aterro sanitário, baseado no peso médio de  $15.277,57 \text{ kg} \cdot \text{dia}^{-1}$  de resíduos que são enviados diariamente para o aterro, calculado a partir dos dados obtidos no início da operação do aterro sanitário.

Materiais	%	Peso material (kg dia <sup>-1</sup> )	Valor pago (R\$ kg <sup>-1</sup> )	Valor total (R\$ dia <sup>-1</sup> )
Plásticos	0,05	763,88	0,60	458,33
Papéis	0,09	1.374,98	0,11	144,37
Sacolinhas	0,03	458,33	0,20	91,67
Tetra Pak	0,10	1.527,76	0,04	61,11
Vidros	0,04	611,10	0,07	42,78
Metais	0,04	611,10	0,02	9,17
Material Orgânico	0,62	9.472,09		
Outros	0,04	611,10		
Total perda diária				807,42

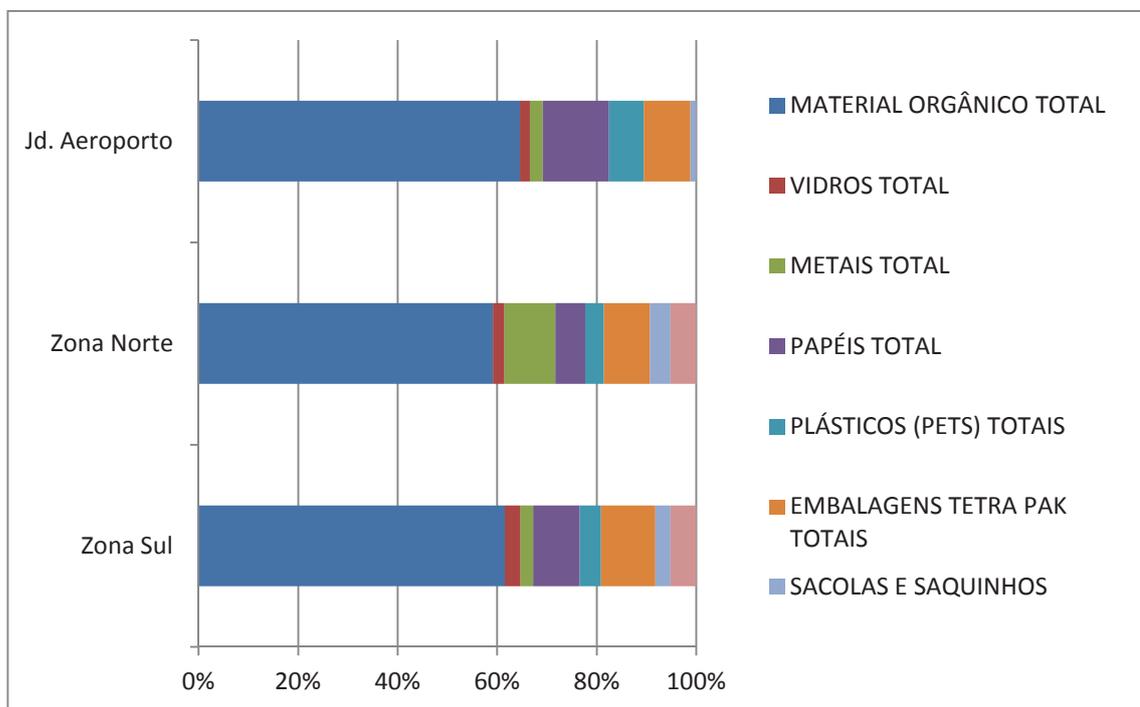
Figura 26. Caracterização dos resíduos domésticos que chegam ao aterro sanitário de Ilha Solteira - SP.



Fonte: Pereira (2012)

Considerando os totais produzidos em cada zona, observa-se na Figura 27 que a produção de resíduo orgânico, vidros, plásticos (PETs) e embalagens Tetra Pak são percentualmente semelhantes entre as zonas. Entretanto, a Zona Norte produz significativamente mais metais que as demais zonas, enquanto que o Jd. Aeroporto praticamente não produz outros tipos de lixo (terra, trapos de pano, pedras). A produção de resíduos de papel também foi diferente entre as zonas, sendo que o Jd Aeroporto produz mais, seguido da Zona Sul e Zona Norte.

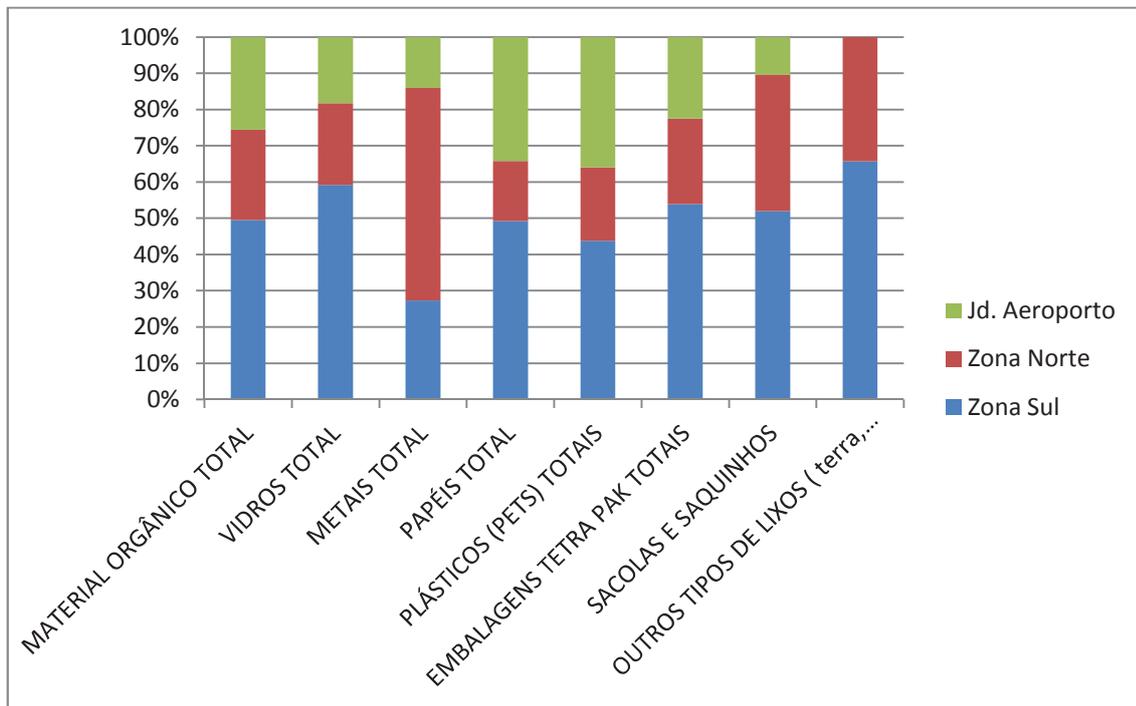
Figura 27. Geração percentual de resíduos por categoria em cada zona municipal avaliada.



Fonte: Pereira (2012)

A Figura 28 mostra a contribuição de cada zona na produção de cada categoria de resíduo avaliada na gravimetria. Percebe-se que em todas as categorias de resíduos, a Zona Sul contribui com o maior percentual, seguida da Zona Norte e Jd. Aeroporto, com exceção para a geração de metais cuja a maior contribuição é da Zona Norte, seguido da Zona Sul e do Jd. Aeroporto. Esse resultado, quando comparado com o perfil sócio econômico dos moradores de Ilha Solteira evidencia que quando maior a renda da população, maior é a geração de resíduos de todas as categorias.

Figura 28. Contribuição percentual de cada zona na geração de cada categoria de resíduo avaliado na gravimetria.

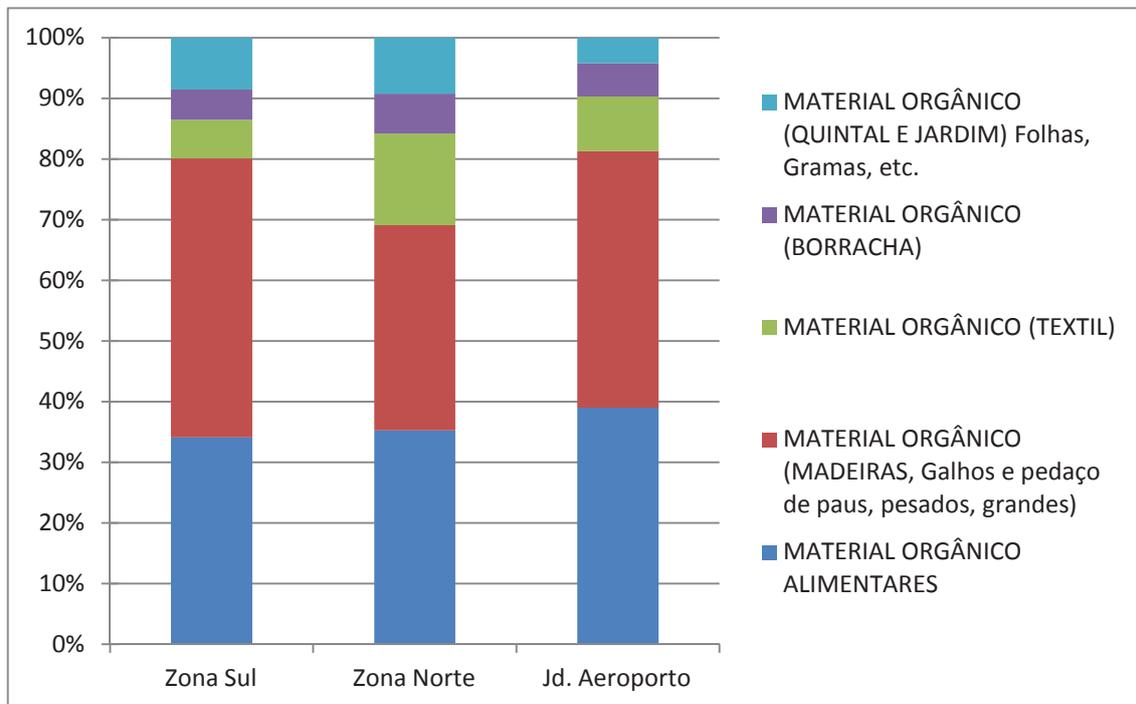


Fonte: Pereira (2012)

Os gráficos mostrados nas Figura 29 a Fonte: Pereira (2012)

Figura 32 mostram como cada classe de resíduo é constituído pelas subclasses em cada zona municipal avaliada na gravimetria. Nota-se, primeiramente, que o perfil socioeconômico afeta diretamente a produção de resíduos, principalmente na sua constituição. Por exemplo, no caso de lixo orgânico, todas as zonas contribuem com uma parcela significativa (cerca de 50%) de resíduos de jardinagem. Ou seja, cerca de 30% de todo o resíduo que chega ao aterro sanitário de Ilha Solteira (Figura 25) deveria estar sendo conduzido para um aterro apropriado. Esse resultado indica que o município precisa rever o processo de coleta de galhos e jardins disponibilizado à população, pois parte desses resíduos estão sendo conduzidos para o aterro sanitário, diminuindo sua vida útil.

Figura 29. Composição do lixo orgânico em cada zona municipal avaliada.



Fonte: Pereira (2012)

As Figura 30, Fonte: Pereira (2012)

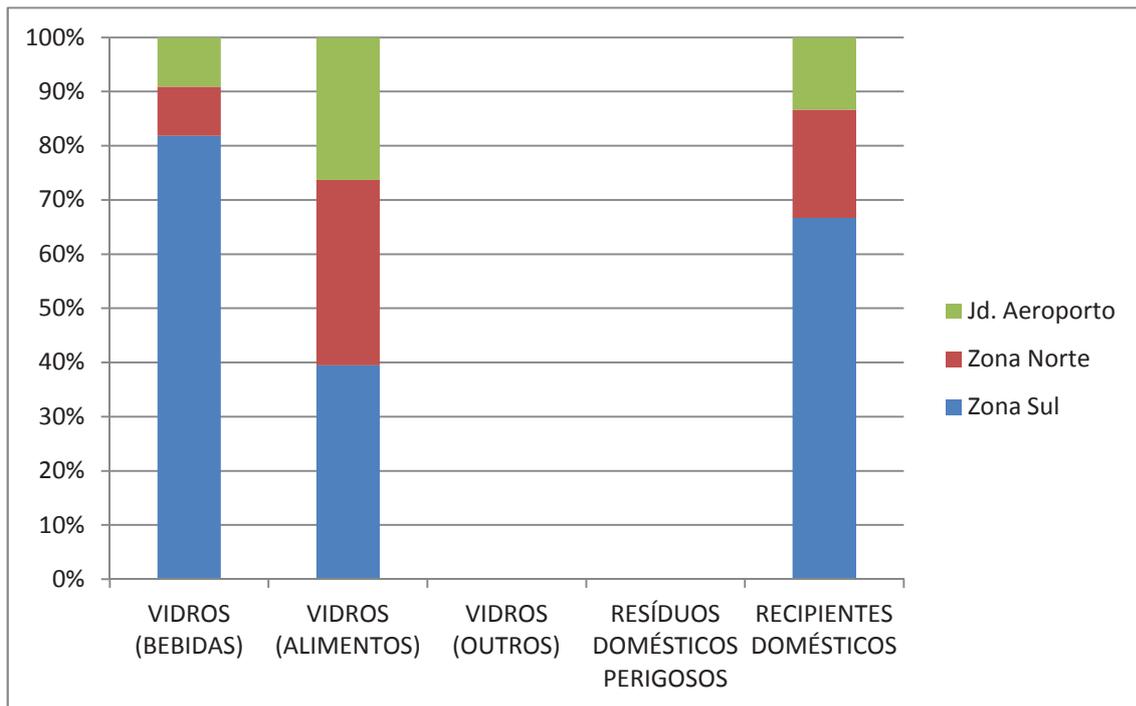
Figura 31 e Fonte: Pereira (2012)

Figura 32 mostram o perfil de geração de resíduos dos moradores de cada zona. Apesar de não haver diferenças significativas entre as subcategorias de resíduos gerados, essas informações de padrão de consumos podem indicar a municipalidade estratégias mais efetivas para conscientizar a população para o processo de separação. Nota-se na Figura 30 que a zona sul produz cerca de 80% dos resíduos de vidros de bebida e cerca de 60% dos recipientes domésticos de vidro. Assim, a prefeitura pode fazer campanhas localizadas nessa região para recolhimento desses materiais, promovendo a conscientização da parcela da população que mais contribui para a geração desse resíduo. A mesma estratégia pode ser aplicada para os resíduos de jornais e revistas na Zona Sul (cerca de 80% do resíduo que chega no aterro, Fonte: Pereira (2012)

Figura 32) e para as latas de alumínio na Zona Norte (cerca de 70% dos metais produzidos nessa zona, Fonte: Pereira (2012)

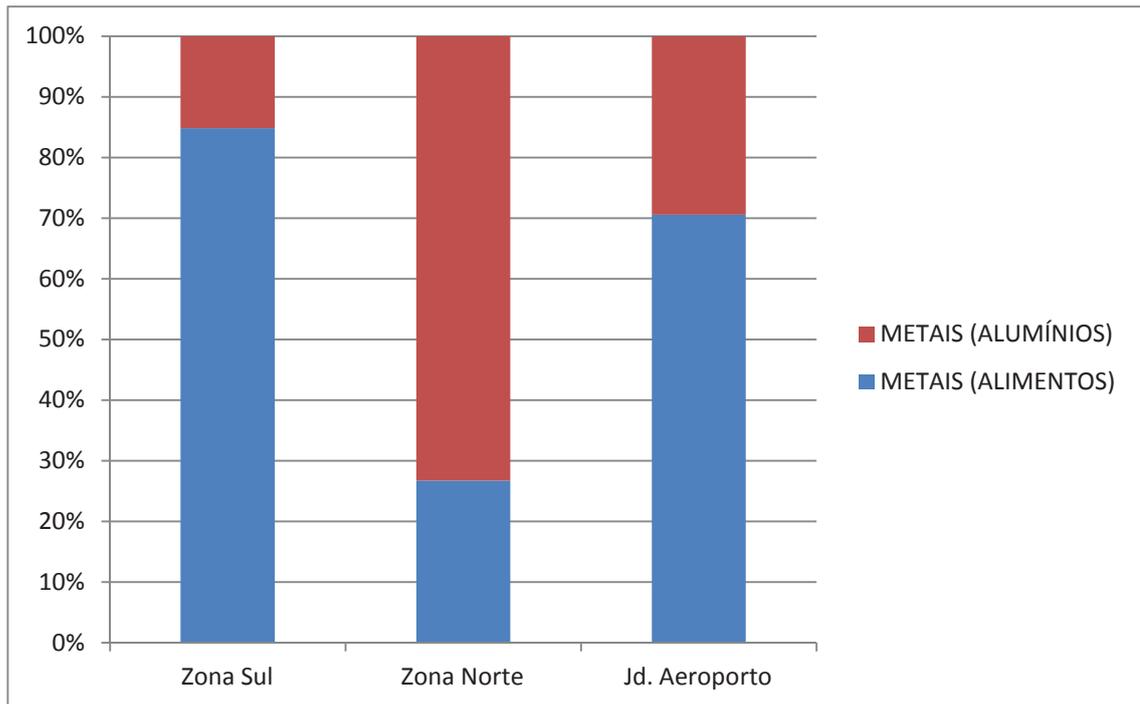
Figura 31).

Figura 30. Contribuição percentual de cada zona na geração resíduos de vidro.



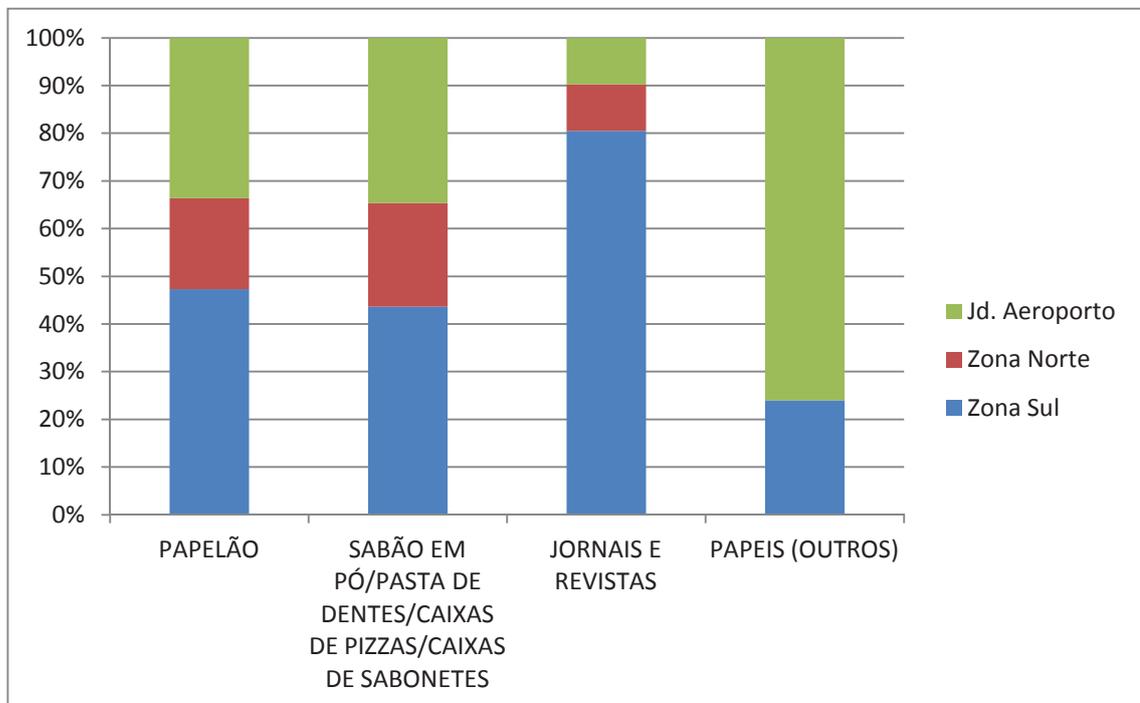
Fonte: Pereira (2012)

Figura 31. Composição dos resíduos de metais em cada zona municipal avaliada.



Fonte: Pereira (2012)

Figura 32. Contribuição percentual de cada zona na geração resíduos de papel e papelão.



Fonte: Pereira (2012)

## 5.5 Discussão geral dos resultados

A redução dos riscos à saúde pública e, conseqüentemente, a redução de doenças e enfermidades causadas pelos resíduos sólidos urbanos, depende de uma coleta eficiente e uma disposição final adequada (Deus et al., 2004). Brasileiro e Lacerda (2008) conseguiram reduzir em 41% o percurso dos caminhões e 68% do tempo de coleta dos resíduos sólidos urbanos do município de Ilha Solteira-SP, utilizando SIG (Sistema de Informações Geográficas) como ferramenta para a roteirização desses veículos.

A coleta seletiva no município de Ilha Solteira tem por objetivo reduzir o volume de resíduos que chegam ao aterro sanitário municipal, aumentando a sua vida útil. Além disso, tem importante ação social quando ocupa com trabalho pessoas com baixíssima renda e pouca instrução. Como pôde ser verificado na análise gravimétrica, muitos dos materiais recicláveis ainda estão sendo encaminhados para o aterro sanitário, o que demonstra que a gestão do programa de coleta seletiva ainda tem que melhorar a sua eficiência. Entretanto, o pior problema que contribui para a redução da vida útil do aterro sanitário é a chegada de materiais de poda e jardins, que correspondem a cerca de 30% do peso total dos resíduos lá dispostos.

Mecanismos públicos de melhoria da gestão de resíduos sólidos podem ser criados. Em Minas Gerais, no ano de 2000 foi criada a Lei 13.803/2000, conhecida como a Lei Ecológica, que beneficia municípios pobres, com um repasse maior do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), que apresentarem propostas para solucionarem problemas ambientais relacionados a resíduos sólidos urbanos. Prado Filho e Sobreira (2007) verificaram que este incentivo público traz importantes benefícios ambientais para os municípios, mas que ainda são poucos os municípios que se beneficiam dessa Lei. Acredita-se que se houvesse um incentivo financeiro do Estado, municípios como Ilha Solteira teriam mais condições de fazer melhorias na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

A ineficiência dos sistemas de coleta pode também estar relacionada ao fator de escala. Municípios de pequeno porte tendem a ter dificuldades de manter aterros sanitários próprios devido ao seu alto custo de operação. Além disso, muitas das dificuldades encontradas são decorrentes de falta de treinamento dos funcionários. Suzuki e Gomes (2009) fizeram um estudo para o Estado do Paraná, buscando identificar potencialidades de se criar consórcios intermunicipais de aterros sanitários. De acordo com os autores, os consórcios intermunicipais propiciam a profissionalização e o ganho de escala na gestão dos resíduos sólidos, além de reduzir a área total para disposição desses resíduos, contribuindo para destinação mais

adequada. Naquela pesquisa, 377 municípios apresentaram características para fazer parte de um dos 58 consórcios possíveis para o Estado. Esta estratégia pode ser interessante para Ilha Solteira e os municípios da região, onde o aterro de Ilha Solteira se bem gerenciado poderia servir a outros municípios da região, gerando renda para o município para a construção de novo aterro sanitário.

De acordo com Siqueira e Moraes (2009), a OMS (Organização Mundial de Saúde) define saúde ambiental como *“o campo de atuação da saúde pública que se ocupa das formas de vida, das substâncias e das condições em torno do ser humano, que podem exercer alguma influência sobre a sua saúde e o seu bem-estar”*. Esses autores fazem um relato de como o modo de vida moderno, calcado no consumismo, desencadeia riscos a saúde pública decorrente do acúmulo de resíduos sólidos. Neste cenário, torna-se inevitável a discussão de novos hábitos de consumo.

A sociedade mostra-se sensível a essa problemática, quando se considera a sua adesão massiva em programas de coleta seletiva de recicláveis, como verificou-se nas entrevistas realizadas em Ilha Solteira. Entretanto, cabe ao poder público educar a sociedade no que é importante ser reciclável e o que de fato não é reaproveitável.

A reciclagem de materiais é uma medida paliativa. De acordo com Siqueira e Moraes (2009) o que é preciso é revisar o modo de consumo. Os atuais níveis de consumo dos países industrializados não podem ser alcançados pelos demais países.

Apesar de não ter sido foco deste trabalho, é importante destacar, as possíveis contaminações que o aterro sanitário municipal pode acarretar ao meio ambiente, principalmente devido a falhas na sua operação. Na literatura é freqüente os trabalhos que relatam frentes de contaminação do solo e lençóis freáticos por diferentes substâncias provenientes de aterros sanitários. Possamai et al. (2007) verificaram os estados de onze lixões localizados em nove municípios da região carbonífera do Estado de Santa Catarina e constataram que todos eles apresentam grande risco de contaminação para o meio ambiente e para a saúde pública. Oliveira e Jucá (2004) verificaram no aterro Muribeca, na cidade do Recife-PE, existência de uma frente de contaminação do solo, e para o fundo, por metais pesados, principalmente chumbo, cobre e manganês, a uma velocidade média de frente de saturação de  $2,3 \times 10^{-2}$  m/ano. Essa lixiviação de metais pesados pelas camadas do solo atingem o lençol freático e contaminam a água, conforme constatou Oliveira e Pasqual (2004) em estudo realizado no

aterro municipal da cidade de Botucatu-SP. Essa contaminação alterara as propriedades físicas, químicas e biológicas da massa de água, comprometendo seu uso para consumo humano (BARROS et al., 2006).

De acordo com entrevista realizada com o chefe dos garis e gerente do aterro sanitário de Ilha Solteira, a primeira célula de disposição dos resíduos será esgotada antes do tempo previsto em projeto. Esta redução do tempo de vida do aterro é decorrente de falhas na compactação do lixo, pelo que foi observado no dia da visita ao aterro, mas, principalmente ao aterro de materiais recicláveis, que possuem baixa densidade específica, e resíduos de podas e jardins (cerca de 30% do peso bruto que é aterrado). A má operação dos tratores podem também provocar rupturas na manta e desencadear contaminação do solo.

## 6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, constatou-se que a municipalidade precisa melhorar o planejamento e as ações de curto, médio e longo prazo, no sentido de melhorar a eficiência e a eficácia econômica, ambiental e social do sistema de gestão dos resíduos sólidos domiciliares de Ilha Solteira – SP.

Observou-se que a estrutura de coleta e destinação dos resíduos sólidos em Ilha Solteira – SP aparentemente é adequada, pois o município possui frota de veículos relativamente novos e destina separadamente os resíduos em aterros específicos. Entretanto, diante da quantidade significativa de materiais recicláveis que ainda chegam ao aterro, medidas de educação ambiental e revisão do processo de coleta seletiva devem ser adotados, pois o tempo de vida do aterro sanitário certamente será menor que aquele previsto no projeto inicial. Associado aos materiais recicláveis, os resíduos de podas e jardins estão chegando em quantidades muito grandes ao aterro sanitário (cerca de 30% do peso bruto aterrado), sendo que a prefeitura disponibiliza os serviços de coleta e destino apropriado para esses resíduos. Assim, a prefeitura precisa rever esse processo de coleta de resíduos de podas e jardins para torná-lo mais eficiente e efetivo.

Notou-se também a falta de balança no aterro sanitário, que constitui um equipamento de suma importância para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, pois permite o controle do material que entra no aterro e permite projetar o seu tempo de vida.

Das entrevistas com os munícipes pode-se concluir que parcela significativa da população participa da separação dos materiais recicláveis. Entretanto, a grande maioria não separa materiais recicláveis de valor econômico, reduzindo o ganho dos trabalhadores da cooperativa de catadores e diminuindo o tempo de operação do aterro. A administração municipal deve elaborar estratégias e propor ações para que os 9% da população que afirmou não separar, ou que separa eventualmente os materiais recicláveis, passem a contribuir com o programa. Medidas de educação ambiental para engajar ainda mais a população que já participa do programa também são recomendadas.

Espera-se que este trabalho contribua com informações importantes para que a gestão dos resíduos sólidos no município de Ilha Solteira - SP possa ser revista e se tornar mais eficiente.

## 7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 10004**: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AFON, A. O.; OKEWOLE, A. Estimating the quantity of solid waste generation in Oyo, Nigeria **Waste Management & Research**, London, England, v. 25, n. 4, p. 371–379, 2007.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D 5231–92**: standard test method for determination of the composition of unprocessed municipal solid waste. West Conshohocken, 2008. Disponível em: <<http://www.astm.org>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

BARROS, A. J. M.; PRASAD, S.; LEITE, V. D.; SOUZA, A. G. Estudo termogravimétrico do processo de sorção de metais pesados por resíduos sólidos orgânicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 184-190. 2006.

BRAGA, F. S.; NÓBREGA, C. C.; HENRIQUES V. M. Estudo da composição dos resíduos sólidos domiciliares em Vitória – ES. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, v. 55, n. 1, p.11-17, 2000.

BRASILEIRO, L. A.; LACERDA, M. G. Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 356-360, 2008.

CALIJURI, M. L.; LOURES, S. S. P.; SANTIAGO, A. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; LUGÃO, W. G.; ALVES, J. E. M. Identificação de áreas alternativas para disposição de resíduos sólidos na região do Baixo Ribeira do Iguape - SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 335-342, 2007.

CHIEMCHAISRI, C.; CHIEMCHAISRI W.; KUMAR S.; HETTIARATCHI J. P. A. Solid waste characteristics and their relationship to gas production in tropical landfill. **Environmental Monitoring and Assessment**, New York, v. 135, n. 1-3, p. 41–4. 2007.

CONTRERAS F.; ISHII S.; ARAMAKI T.; HANAKI K.; CONNORS S. Drivers in current and future municipal solid waste management systems: cases in Yokohama and Boston. **Waste Management & Research**, London, England, v. 28, n. 1, p. 76-93. 2010.

CUNHA, E. R.; CARNEIRO, P. F. N. Diagnóstico e proposta de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos da sede do Município de Curuçá/PA. **Estudos tecnológicos**, São Leopoldo, v. 3, n. 1, p. 37-46, 2007.

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 9, n. 2, p. 143-161, 2002.

DEUS, A. B. S.; DE LUCA, S. J.; CLARKE, R. T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 329-334, 2004.

FERREIRA, J. A. Resíduos sólidos e lixo hospitalar: uma discussão ética. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 314-320, 1995.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.

HIRAMATSU, A.; HARA, Y.; SEKIYAMA, M.; HONDA, R. Municipal solid waste flow and waste generation characteristics in an urban-rural fringe area in Thailand. **Waste Management & Research**, London, v. 27, n. 10, p. 951-960, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Censo demográfico 2009**. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 18 jan. 2010.

LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DANTAS, A. M. M. Tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 318-322. 2003.

OLIVEIRA, F. J. S.; JUCA, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 211-217, 2004.

OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A. Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 240-249, 2004.

PHUNTSO S.; DULAL I.; YANGDEN D.; TENZIN U.; HERAT S.; SHON H.; VIGNESWARAN S. Studying municipal solid waste generation and composition in the urban areas of Bhutan. **Waste Management & Research**, London, v. 28, n. 6, p. 545 – 551, 2010.

POSSAMAI, F. P.; VIANA, E.; SCHULZ, H. E.; COSTA, M. M.; CASAGRANDE, E. Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 171-179, 2007.

PRADO FILHO, J. F.; SOBREIRA, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 52-61, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO - SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS – LIMPURB. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos domiciliares no Município de São Paulo**. São Paulo: São Paulo, 2003. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/servicos/upload/RelatorioGeral2003\\_1103568035.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/servicos/upload/RelatorioGeral2003_1103568035.pdf)>. Acesso em: 26 jan. 2010.

RÊGO, R. C. F.; BARRETO, M. L.; KILLINGER, C. L. O que é lixo afinal? Como pensam mulheres residentes na periferia de um grande centro urbano. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 1583-1591, 2002.

SALES, C. C. L.; SPOLTI, G. P.; LOPES, M. S. B.; LOPES, D. F. Gerenciamento dos resíduos sólidos dos serviços de saúde: aspectos do manejo interno no município de Marituba, Pará, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2231-2238, 2009.

SHARMA, M.; MCBEAN, E. Strategy for use of alternative waste sort sizes for characterizing solid waste composition. **Waste Management & Research**, London, v. 27, n. 1, p. 38-45, 2009.

SILVA, C. A. M. C.; CAMPOS, J. C.; FERREIRA, J. A.; MIGUEL, M. A. L.; QUINTAES, B. R. Caracterização microbiológica de lixiviados gerados por resíduos sólidos domiciliares e de serviços de saúde da cidade do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 127-132, 2011.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2115-2122, 2009.

SUZUKI, J. A.; GOMES, J. Consórcios intermunicipais para a destinação de RSU em aterros regionais: estudo prospectivo para os municípios no Estado do Paraná. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 155-158, 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G. **Solid wastes: engineering principles and management issues**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 1977. 621 p.

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**, London, v. 23, n. 1, p. 62-71, 2005.