

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA COLETA SELETIVA NA CIDADE DE VALPARAÍSO – SP

NATALIA ANTONIALI

Orientadora: Profa. Dra. Luzenira Alves
Brasileiro

Co-orientador: Prof. Dr. Dib Gebara

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Ilha Solteira

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A635a Antoniali, Natalia.
Análise de viabilidade de coleta seletiva na cidade de Valparaíso - SP /
Natalia Antoniali. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2013
72 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e
Tecnologias Ambientais, 2013

Orientador: Luzenira Aves Brasileiro

Co-orientador: Dib Gebara

Inclui bibliografia

1. Coleta seletiva de materiais recicláveis. 2. Resíduos sólidos urbanos
recicláveis. 3. Análise de viabilidade econômica.



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Análise de viabilidade da coleta seletiva na cidade de Valparaíso-SP

AUTORA: NATALIA ANTONIALI

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. EDSON PEREIRA TANGERINO
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. HUMBERTO CARLOS RUGGERI JUNIOR
Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária / Universidade de São Paulo

Data da realização: 25 de fevereiro de 2013.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, João Antoniali Neto e Heloísa Helena de Castro Antoniali, que sempre me apoiaram e me deram força.

Agradecimentos

Agradeço a Prof^ª. Dr^ª. Luzenira Alves Brasileiro, orientadora e amiga que sempre me recebeu com muito bom humor, paciência, e incentivo.

Ao Prof. Dr. Dib Gebara pela co-orientação.

Ao Prof. Dr. Jairo Salim Pinheiro de Lima, pela leitura atenciosa e sugestões na qualificação.

A CAPES, pelo apoio financeiro à realização desta pesquisa.

Aos funcionários da secretaria do departamento de Engenharia Civil e da pós-graduação da UNESP, pela atenção, paciência e apoio.

Com risco de algum esquecimento, agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

ANTONIALI, N. **Análise de viabilidade da coleta seletiva na cidade de Valparaíso - SP.** 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

Resumo: Antes de iniciar qualquer projeto de coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos, é importante caracterizar a qualidade, a quantidade e os tipos de resíduos gerados. Esta caracterização permite estruturar melhor um projeto de coleta seletiva adequado, sendo este um ponto chave para fazer o retorno do material a um novo processo de produção por meio da sua reciclagem ou reutilização. O objetivo desta pesquisa foi realizar análise de viabilidade econômica da coleta seletiva na cidade de Valparaíso – SP, para tanto, foi necessário caracterizar por meio da identificação dos resíduos sólidos recicláveis de maior valor agregado gerados na cidade e quantificação dos resíduos gerados pela população urbana. Com os resultados encontrados pode-se inferir que a Coleta Seletiva no Município de Valparaíso é viável considerando a Relação Benefício – Custo (RBC) calculado igual a 2,805, ou seja $RBC > 1$, no entanto, os valores de mercado devem ser atualizados periodicamente.

Palavras-chave: Coleta seletiva. Resíduos sólidos recicláveis. Análise de viabilidade. Geração de renda.

ANTONIALI, N. **Analysis of viability of the selective collection in the city of Valparaíso - SP.** 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira 2013.

Abstract: Before starting any project of selective collection and recycling of solid waste, it is important to characterize the quality of the quantity and types of waste generated. This characterization allows better structuring a project appropriate selective collection, and this is a key point to the return of the material to a new production process through recycling or reuse. The objective of this research was to conduct economic viability analysis of selective collection in the city of Valparaíso - SP, for this, it was necessary to characterize by identifying recyclable solid waste with higher added value generated in the city and quantify residues generated the urban population. With these results it can be inferred that the selective collection in the city of Valparaiso is viable considering the Benefit - Cost Ratio (CBR) calculated same to 2.805, ie $CBR > 1$, however, the market values must be updated periodically.

Keywords: Selective waste collection. Solid waste recycling. Viability analysis. Income generation.

Lista de Figuras

Figura 1	Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.	24
Figura 2	Geração de resíduos sólidos de acordo com a renda familiar em regiões da cidade de São Paulo.	26
Figura 3	Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2010.	27
Figura 4	Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2010.	29
Figura 5	Composição gravimétrica dos RSDs.	40
Figura 6	Localização do município no estado de São Paulo.	48
Figura 7	Divisão do município em regiões.	52
Figura 8	Porcentagem de peso de cada material coletado.	58
Figura 9	Quantidade em unidade de cada material coletado.	58
Figura 10	Peso de cada material coletado.	59
Figura 11	Relação entre a quantidade em unidade e o peso (kg) dos materiais coletados.	59
Figura 12	Peso de resíduos coletados em 7 dias e em 30 dias.	61
Figura 13	Estimativa de coleta de recicláveis em ton/mês para o município de Valparaíso – SP.	62
Figura 14	Comparação entre a quantidade em quilogramas e os respectivos rendimentos em real (R\$).	64
Figura 15	Porcentagem de responsabilidade de cada material coletado na receita final gerada.	65
Figura 16	Fluxo de caixa do projeto de coleta seletiva para o município de Valparaíso – SP.	67

Lista de Quadros

Quadro 1	Responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos.	33
Quadro 2	Número de municípios com coleta seletiva.	37
Quadro 3	Composição dos RSD em São Paulo – SP.	39
Quadro 4	Porcentagem de material reciclável no lixo.	40
Quadro 5	Valores de venda dos materiais recicláveis no Rio Grande do Sul.	41
Quadro 6	Valores de venda dos materiais recicláveis em grandes centros do Brasil.	43
Quadro 7	Geração per capita de RSU.	50
Quadro 8	Valores de venda dos materiais recicláveis na região de Andradina – SP.	63

Lista de Tabelas

Tabela 1	Quantidade de material reciclável coletado em uma semana.	57
Tabela 2	Estimativa da quantidade de material reciclável coletado em 30 dias para população de amostra.	60
Tabela 3	Estimativa da quantidade de material reciclável coletado em 30 dias para população total.	62
Tabela 4	Rendimento mensal dos materiais recicláveis coletados.	64

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileiras de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem

IBAM – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPTU – Imposto Predial Territorial Urbano

ONGs – Organizações não Governamentais

OSCIPs – Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público

PET – Politereftalato de Etileno

RBC – Relação Benefício – Custo

RS – Rio Grande do Sul

RSD – Resíduo Sólido Domiciliar

RSU – Resíduo Sólido Urbano

SP – São Paulo

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Considerações gerais	14
1.2 Definição do problema	15
1.3 Objetivo	16
1.4 Justificativas	17
2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	18
2.1 Considerações gerais	18
2.2 Classificação dos resíduos sólidos urbanos	19
3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	23
3.1 Considerações gerais	23
3.2 Etapas do gerenciamento de resíduos sólidos	24
3.3 Responsabilidade pelo gerenciamento	32
4 COLETA SELETIVA	34
4.1 Considerações gerais	34
4.2 Coleta Seletiva no Brasil	35
5 MATERIAIS RECICLÁVEIS	39
5.1 Considerações Gerais	39
5.2 Valor de venda dos materiais recicláveis	41
5.3 Utilização dos materiais recicláveis	44

6 MATERIAIS E MÉTODOS	47
6.1 Estudo de caso	47
6.2 Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares	49
6.3 Cálculo do tamanho da amostra	51
6.4 Divisão do município em regiões	52
6.5 Coleta do material reciclável	53
6.6 Descrição do método da Relação Benefício – Custo	54
7 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	57
7.1 Quantidade e peso dos resíduos coletados	57
7.2 Estimativa para resultados mensais	60
7.3 Estimativa para população total	61
7.4 Conversão de valores	63
7.5 Custo da coleta seletiva	65
8 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	67
9 CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O significado da palavra lixo transmite a impressão de algo sem valor, sem importância e que deve ser jogado fora. No entanto, a palavra reciclar traz a ideia de utilizar o lixo como matéria prima para a produção de novos materiais.

Os resíduos sólidos têm ganhado cada vez mais visibilidade pública e política; e, na atualidade, dois pontos principais marcam a discussão em torno deste assunto: de um lado, ele é abordado como grave problema, um desafio colocado aos municípios e à sociedade contemporânea; e, de outro, como uma perspectiva de cunho econômico-político, onde se enfatiza o assunto como solução ou, pelo menos, como possibilidade de novas oportunidades de geração de emprego, renda e negócio (IKUTA, 2010).

A reciclagem é uma forma de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável, que contribui para diminuir a quantidade de lixo a ser disposto, além de minimizar os impactos ao meio ambiente.

A questão fundamental para viabilizar qualquer programa de reciclagem é que os materiais recicláveis devem ser coletados separadamente dos materiais não recicláveis, ou seja, deve existir uma coleta seletiva eficiente.

Isso garante que estes materiais possam ser processados sem perder o seu valor comercial. Para tanto, é importante separar o lixo na fonte geradora, considerando basicamente sua composição: material orgânico e material inorgânico.

A coleta seletiva de lixo é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, tais como: papéis, plásticos, vidros, metais e orgânicos; previamente separados na fonte geradora. Estes materiais podem ser vendidos às indústrias recicladoras ou aos sucateiros.

Antes de iniciar qualquer projeto que envolva a coleta e reciclagem de lixo, é importante avaliar qualitativamente e quantitativamente os tipos de resíduos sólidos recicláveis gerados. Esta caracterização permitirá estruturar melhor o projeto de coleta seletiva (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE, 2000).

Um sistema de coleta adequado é um ponto chave para fazer o retorno do material a um novo processo de produção por meio da sua reciclagem ou reutilização, desenvolvendo o que se pode chamar de cadeia produtiva reversa sustentável.

Para que isso ocorra, se faz necessária a existência de uma rede sustentável de reciclagem em âmbito municipal e/ou regional, envolvendo as pessoas que participam das atividades de coleta, seleção e destino final (KIPPER; MÄHLMANN apud LOBATO; LIMA, 2010).

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Em tempos mais recentes, a quantidade de lixo gerada no mundo tem sido grande e o seu mau gerenciamento, além de provocar gastos financeiros significativos, pode provocar graves danos ao meio ambiente e comprometer a saúde e o bem-estar da população (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002).

O gerenciamento do material coletado e separado nos depósitos das associações de catadores ainda é algo que quase não acontece, sendo um desafio que pode trazer muitos benefícios; tanto para aqueles que dependem da coleta para sobreviver, quanto para os órgãos que

investem recursos no desenvolvimento das atividades de seleção e destino dos resíduos sólidos urbanos (OLIVEIRA; LIMA; LIMA apud LOBATO; LIMA, 2010).

De acordo com Parreira, Oliveira e Lima (2009), são muitos os desafios enfrentados pelas associações de catadores, dentre os quais se destacam a baixa produtividade, com efeitos diretos na pequena arrecadação dos associados; e a ausência de recursos para melhoria do processo.

Esses desafios diminuem também os benefícios ambientais da reciclagem e colocam em questão sua viabilidade como alternativa aos outros tratamentos dos resíduos sólidos urbanos, tal como o a incineração, ou até mesmo à destinação final mais comum, o aterramento.

1.3 OBJETIVO

O objetivo geral desta pesquisa é realizar uma análise de viabilidade de coleta seletiva na cidade de Valparaíso – SP.

Para tanto, foi necessário caracterizar os resíduos sólidos urbanos recicláveis produzidos na cidade.

A caracterização dos resíduos sólidos urbanos gerados, por sua vez requer a realização das seguintes atividades:

- Identificar os resíduos recicláveis de maior valor agregado gerados na cidade; e
- Quantificar os resíduos de maior valor agregado gerado pela população urbana;

1.4 JUSTIFICATIVA

A estratégia da minimização de resíduos sólidos urbanos, onde o foco é evitar ao máximo o lixo a ser disposto no solo, fundamentada nos princípios de redução, reutilização e reciclagem, é uma medida adequada que pode influenciar o consumidor a comprar produtos com embalagens retornáveis, reutilizáveis e/ou recicláveis; evitando o desperdício de matéria prima e insumo em geral (BRINGHENTI, 2004).

Um sistema eficiente de coleta seletiva pode reduzir os custos com a destinação final de resíduos sólidos urbanos, minimizando os impactos ambientais ao município e prevenindo os que possam vir a ocorrer.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resíduos sólidos, segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT (2004), por meio da NBR 10004, são aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

Levando-se em conta a possibilidade de reutilização ou reciclagem de muitos materiais, o uso do termo lixo tornou-se inadequado e insuficiente para definir a que tipo de material se refere, sendo substituído pelo termo resíduo sólido (MARCO, 2009).

Com o acelerado crescimento populacional, acompanhado da migração das áreas rurais para as cidades; os hábitos das populações mudaram, passando a consumir produtos industrializados, e com isto começou a surgir os resíduos domiciliares que demoram a ser degradados, tais como: embalagens longa vida, sacos plásticos, isopor, latas, caixas plásticas e de papelão (ONOFRE, 2011).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No Brasil, a população de 190.755.799 milhões de habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2010) gera diariamente 0,87 kg de resíduos sólidos urbanos por pessoa, totalizando 60.868.080 milhões de toneladas/ano (ABRELPE, 2010).

Para um resultado satisfatório da realização da coleta seletiva nos municípios fez-se necessário a criação classificações para os Resíduos Sólidos Recicláveis (RSU), a seguir serão apresentadas algumas das classificações mais conhecidas e utilizadas no Brasil.

a) Classificação segundo D’Almeida e Vilhena (2000):

- 1) Por sua natureza: seco e úmido;
- 2) Pela sua composição química: orgânico e inorgânico;
- 3) Pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos e não perigosos; e
- 4) Pela sua origem: urbanos, de serviços de saúde, portos, aeroportos, agrícola e indústrias.

b) Classificação segundo ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas:

ABNT (2004) classificou os resíduos sólidos urbanos segundo os riscos potenciais que podem gerar ao meio ambiente, da seguinte forma:

- Classe I – Perigosos: apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

- Classe II – Não perigosos
 - Classe IIA – Não inertes: apresentam as propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
 - Classe IIB – Inertes: não apresenta nenhum constituinte solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas.

c) Classificação segundo CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem:

CEMPRE (2000) classificou os resíduos sólidos urbanos segundo a origem, da seguinte forma:

- Domiciliar: originado do cotidiano das residências, é constituído principalmente por restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis.
- Comercial: originado nos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares e restaurantes. Este tipo de resíduo é constituído principalmente por papel, plástico, embalagens diversas e restos provenientes do asseio pessoal dos funcionários, tais como papel-toalha e papel higiênico.
- Público: originado dos serviços de limpeza pública urbana, incluindo os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, córregos e feiras livres; e restos de podas de árvores e corpos de animais.
- Serviços de saúde: constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, oriundos de locais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias e postos de saúde. Tratam-se de agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazo de validade vencido, instrumentos de resina sintética e filmes fotográficos de raio X.

- Portos, aeroportos, e terminais rodoviários e ferroviários: constituem os resíduos sépticos, ou seja, aquele que contém ou potencialmente podem conter germes patogênicos, produzidos nos portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. Basicamente, constituem-se de materiais de higiene, asseio pessoal e restos de alimentos, os quais podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países.
- Industrial: aquele originado das atividades nos diversos ramos da indústria, tais como metalúrgica, química, petroquímica, papelaria e alimentícia. O lixo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, escórias, vidros e cerâmicas. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria do lixo considerado tóxico.
- Agrícola: são resíduos sólidos das atividades agrícolas e da pecuária. Incluem embalagens de fertilizantes e de defensivos agrícolas, rações e restos de colheita. Em várias regiões do mundo, estes resíduos já constituem uma preocupação crescente, destacando-se as enormes quantidades de esterco animal geradas nas fazendas de pecuária intensiva.
- Entulho: resíduo da construção civil, composto por materiais de demolições, restos de obras e solos de escavações diversas. O entulho é geralmente um material inerte, passível de reaproveitamento; porém, geralmente contém uma vasta gama de materiais que podem apresentar toxicidade, com destaque para os restos de tintas e de solventes, peças de amianto e metais diversos, cujos componentes podem ser removidos, caso o material seja disposto adequadamente.

d) Classificação segundo IBAM – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

Para IBAM (2001), a origem é o principal elemento para a caracterização dos resíduos sólidos e a classificação segundo este critério deve ser simplificada; portanto, foram definidas cinco classes:

- (1) Lixo doméstico ou residencial: estes resíduos são gerados nas atividades diárias de casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais.
- (2) Lixo comercial: estes resíduos são gerados em estabelecimentos comerciais, e as características destes resíduos dependem das atividades desenvolvidas em cada estabelecimento.
- (3) Lixo público: estes resíduos são gerados em logradouros públicos. Eles podem ser resultantes da natureza, como por exemplo, folhas, galhadas, poeira, terra e areia. Eles também podem ser oriundos de descartes irregulares e indevidos feitos pela população, como por exemplo, entulho, bens considerados inservíveis, papéis, restos de embalagens e alimentos.
- (4) Lixo domiciliar especial: grupo que compreende os entulhos de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus.
- (5) Lixo de fontes especiais: dentro desta classe destaca-se o lixo industrial; o lixo radioativo; o lixo de portos, aeroportos e terminais rodoferroviários; o lixo agrícola; e os resíduos de serviços de saúde.

Essa classificação simplifica o processo de separação, reconhecimento e recolhimento de cada tipo de resíduo por separá-los em apenas 5 classes e dar a estas uma definição fácil de ser compreendida por toda a população dos municípios e portanto, facilita o processo de coleta seletiva.

3 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Segundo Instituto Brasileiro de Administração Municipal- IBAM (2001), gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é, em síntese, o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil, com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo.

Os termos gestão e gerenciamento podem adquirir conotações diferentes entre as pessoas que trabalham com os resíduos sólidos urbanos, embora possam ser utilizados como sinônimos (RODRIGUES, 2008).

O volume de resíduos gerados aumenta a cada dia e o seu mau gerenciamento, além de provocar gastos financeiros significativos, pode provocar graves danos ao meio ambiente, comprometendo a saúde e o bem estar da população (MARCO, 2009).

O gerenciamento ideal proporciona um desenvolvimento que associa o equilíbrio do meio ambiente urbano com a conservação da biodiversidade e a proteção dos ecossistemas vitais, melhorando a qualidade de vida humana.

Esse processo pressupõe uma participação da população por meio de programas de educação ambiental, com implementação da coleta seletiva, geração de renda e empregos e, principalmente, redução de desperdício; propiciando, assim, o desenvolvimento de uma maior consciência ambiental e dos princípios de cidadania (MARCO, 2009).

Os resíduos sólidos são considerados um dos grandes problemas das sociedades contemporâneas, manifestando-se com mais força nas áreas urbanas, onde agravam problemas ambientais já existentes e levam ao aparecimento de outros, quase sempre relacionados às formas ineficientes de gestão (IKUTA, 2010).

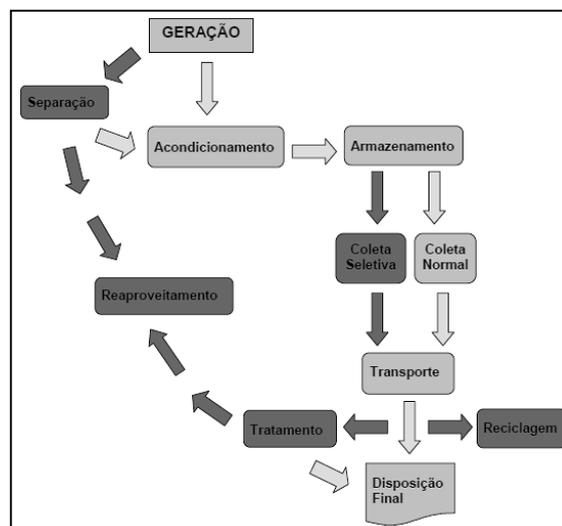
De acordo com Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais-ABRELPE (2010), das 60.868.080 toneladas de resíduos gerados no ano de 2010 no País; 6,7 milhões de toneladas (aproximadamente 11%) deixaram de ser coletadas.

O volume da descarga, em lixões ou aterros, é um indício da ineficiência de gerenciamento de tais recursos, observando-se, que a concentração de determinados materiais úteis já é maior nos depósitos de lixo do que na forma de matéria prima.

3.2 ETAPAS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos consiste na realização das seguintes etapas: geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final. Segundo Rodrigues (2008), no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos pode ocorrer algumas variantes desde a coleta até o seu destino final como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos



Fonte: Rodrigues (2008)

1 Geração

A primeira etapa do gerenciamento dos resíduos sólidos é a geração, na qual se identificam a quantidade e a composição dos resíduos.

A geração é a produção de resíduos pela realização de atividades que originam materiais sem valor para o mesmo tipo de atividade (IBAM, 2001).

Dada a não uniformidade e não homogeneidade dos resíduos sólidos domiciliares, esta etapa se inicia na determinação da taxa de geração per capita e composição gravimétrica; sendo de grande importância para dar suporte ao desenvolvimento das etapas seguintes do gerenciamento dos resíduos, tais como coleta, transporte, reciclagem e destinação final (TCHOBANOGLOUS et al. apud ONOFRE, 2011).

De acordo com ABRELPE (2010), considerando-se a produção per capita (kg/habitante/dia) de RSU e tendo-se como base a sua relação com o tamanho do município, pode-se dizer que quanto maior é a população urbana, maior é a produção per capita.

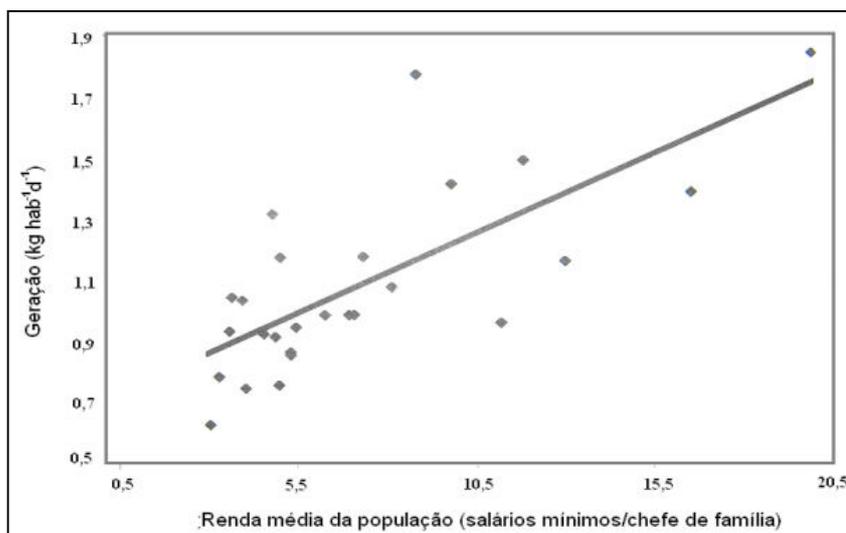
Essa relação não se trata de uma regra, mas sim de uma tendência, visto que existem municípios com população pequena e alta produção per capita ou vice-versa.

A taxa média de geração de resíduos sólidos urbanos em países subdesenvolvidos é aproximadamente 0,5 kg/hab.dia; enquanto que em países desenvolvidos esta taxa pode chegar a 2,0 kg/hab.dia (ALSAMAWI; ZBOON; ALNAKEEB, 2009).

A geração per capita de resíduos sólidos é bastante variável. Assim sendo, a produção de resíduos se dá de acordo com a renda, a cultura e o nível educacional, a condição local, a época do ano e, também, com as condições climáticas de cada local.

A Figura 2 mostra a distribuição da geração de resíduos sólidos domiciliares de acordo com a renda familiar média de algumas regiões da cidade de São Paulo - SP.

Figura 2 - Geração de resíduos sólidos de acordo com a renda familiar em regiões da cidade de São Paulo



Fonte: Tiveron apud Philippi Junior et al. (2004)

Pela Figura 2, Philippi Junior et al. (2004) afirmou que quanto maior a renda familiar, maior é a geração de resíduos sólidos na região estudada.

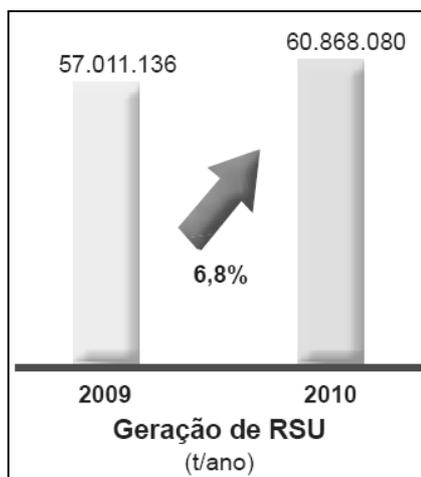
Isso significa que quando o poder de consumo da população aumenta a geração de resíduos sólidos domiciliares também aumenta. Além disto, quanto maior for a renda mais bens serão adquiridos e, conseqüentemente, mais resíduos de embalagens serão gerados.

Quanto maior a quantidade de resíduos gerados, maiores serão os volumes coletados, transportados, tratados e dispostos.

Para avaliar corretamente a projeção da geração de lixo per capita é necessário conhecer o tamanho da população residente no município, os hábitos, os costumes e o nível educacional; além do desenvolvimento econômico do município.

De acordo com a ABRELPE (2010), a geração de RSU no Brasil registrou um crescimento expressivo em 2010 em relação a 2009 - calculado em torno de 6,8%; superando a taxa de crescimento populacional urbano que foi de aproximadamente de 1% no mesmo período. A Figura 3 mostra este cenário.

Figura 3 - Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2010



Fonte: ABRELPE (2010)

2 Separação

A separação é uma etapa de grande importância no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, que tem por objetivo, o maior aproveitamento de materiais recicláveis.

Nessa fase, o gerador segrega na própria fonte geradora os materiais, seguindo duas classificações: lixo seco (ou reciclável) e lixo orgânico.

Os resíduos recicláveis são encaminhados para a coleta seletiva ou para o processo de reaproveitamento.

3 Acondicionamento

A etapa de acondicionamento do resíduo não significa somente colocá-lo em um recipiente adequado, podendo ser beneficiada por pré-ações como realizar uma lavagem simples dos resíduos dos tipos vasilhames constituídos por materiais metálicos, plásticos e vidros; pois retira as impurezas e evita a proliferação de moscas (RODRIGUES, 2008).

Quando é feita a separação do lixo antes do acondicionamento, este pode ser submetido à coleta seletiva, que pode ser realizada na cidade inteira ou em pontos específicos (RODRIGUES, 2008).

4 Armazenamento

O armazenamento é a etapa na qual o resíduo acondicionado deve ser disposto no local, em dia e horário estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta.

O armazenamento adequado facilita o processo de coleta dos resíduos sólidos urbanos, além de evitar o carreamento dos sacos de lixo pela água da chuva.

5 Coleta

A coleta é a etapa de recolhimento do lixo acondicionado, mediante transporte adequado.

Após o processo de coleta, o lixo pode ser encaminhado para uma estação de transferência, para uma estação de tratamento ou para o local de disposição final.

Segundo IBAM (2001), o lixo deve ser coletado para evitar problemas de saúde que ele pode propiciar.

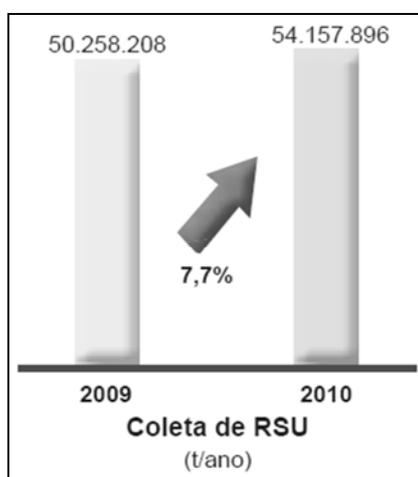
O planejamento e administração da coleta seletiva envolvem algumas características importantes que devem ser consideradas, tais como a frequência, os pontos, o horário e a forma de coleta.

A identificação dessas características tem por objetivo causar o menor incômodo possível para a população, e oferecer uma solução sanitariamente adequada e economicamente viável aos resíduos passíveis de reaproveitamento ou reciclagem.

Quando há a necessidade de coleta particular, esta é obrigatoriamente de responsabilidade do gerador, em decorrência do tipo de resíduo ou da quantidade ser superior à prevista em legislação municipal (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM-CEMPRE, 2000).

Segundo IBGE (2010), em 10 anos, de 2000 a 2010, ocorreu uma significativa expansão da parcela de domicílios brasileiros com coleta de lixo. A Figura 4 mostra que houve um aumento de 7,7% na quantidade de RSU coletados em 2010 em relação a 2009.

Figura 4 - Coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2010



Fonte: ABRELPE (2010)

Comparando o índice de crescimento da geração de RSU (6,8%), com o índice de crescimento da coleta destes (7,7%), percebe-se um discreto aumento na cobertura dos serviços de coleta de RSU no País.

Segundo ABRELPE (2010), houve melhorias em todas as regiões, mas as diferenças persistem; pois, atualmente 12,6% das residências, aproximadamente 7,3 milhões de domicílios, ainda não contam com o serviço de coleta domiciliar de lixo.

6 Transporte

O transporte é o deslocamento do resíduo do ponto de origem à possível tratamento ou reciclagem ou para o destino final.

O serviço de transporte pode ser realizado por veículos do tipo caminhão compactador ou caminhão sem compactação.

Em alguns casos, são previstas estações de transbordo, onde os resíduos são transferidos de veículos menores para veículos maiores, a fim de conferir maior economia ao sistema.

7 Tratamento

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo o descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (IBAM, 2001).

A triagem, a reciclagem, a compostagem e a incineração são métodos de tratamento de resíduos sólidos e não são considerados métodos de destinação final.

Além das características qualitativas e quantitativas, é necessário o conhecimento sobre outras características dos resíduos sólidos. O conhecimento sobre as características químicas possibilita a seleção de processos de tratamento e técnicas de disposição final (RODRIGUES, 2008).

8 Reciclagem

A reciclagem é o ato de reaproveitar o material previamente separado, criando outros produtos e outras utilizações ao lixo que é descartado. O processo de reciclagem considera que alguns componentes do lixo podem ser aproveitados, diminuindo a quantidade de material a ser disposto.

A maioria dos materiais separados tem potencial para serem reciclados, podendo gerar benefícios, tais como: a preservação dos recursos naturais, a diminuição do volume em áreas de disposição final, o aproveitamento energético e a geração de emprego e renda (RODRIGUES, 2008).

9 Disposição Final

A disposição final dos resíduos no local de destino consiste na última etapa do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos. Este serviço é de obrigação do poder público municipal.

A variação de volume dos resíduos sólidos gerados está ligada à quantidade de habitantes em uma cidade e ao padrão de vida dos mesmos. Diante disto, deve-se escolher o melhor tipo de disposição final que atenda a parâmetros de ordem técnica, ambiental e social.

Segundo Rodrigues (2008), na escolha do tipo de destinação final, os parâmetros de ordem técnica são estabelecidos pela engenharia, considerando os equipamentos e materiais disponíveis para a construção e operação do sistema; os parâmetros de ordem ambiental são definidos por órgãos públicos fiscalizadores, de modo a diminuir os impactos ao meio ambiente; e os de ordem social são estabelecidos em conjunto com a sociedade, podendo gerar benefícios e evitar possíveis impactos sociais.

A disposição final dos RSU é uma das grandes preocupações atuais; pois, mesmo com o tratamento e com o aproveitamento dos resíduos, ainda restam resíduos do resíduo.

Como a gestão de resíduos sólidos urbanos é uma atividade essencialmente municipal, não é muito comum no Brasil a adoção de soluções consorciadas, mesmo quando se trata de destinação final em aterros.

As instalações convencionais de beneficiamento e disposição final requerem grandes investimentos e custos operacionais altos, quase sempre inacessíveis à maioria dos municípios (FUZARO; RIBEIRO, 2007).

Os locais para disposição de todo o resíduo gerado estão se esgotando; no entanto, a população, desorientada, toma medidas inadequadas, como a queima do resíduo ou disposição junto a logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos de água, poluindo química, biológica e visualmente o ambiente e comprometendo a saúde humana (MARCO, 2009).

Para Marco (2009), há ainda um agravante: o aumento de catadores clandestinos, que colocam em risco não apenas a sua integridade física; mas também se submetem a uma condição de marginalidade social e econômica.

3.3 RESPONSABILIDADE PELO GERENCIAMENTO

A preocupação com os excessos na produção e destinação de resíduos é planetária; em contrapartida, a busca por soluções tem sido um desafio para os municípios, que são os responsáveis pelos serviços de coleta e tratamento, e para a União e Estados, que são legisladores e fiscalizadores das ações municipais.

As administrações municipais são responsáveis por garantir as condições adequadas de disposição de seus resíduos; no entanto, a atividade de gerenciamento de resíduos sólidos não pode ser exercida sem que haja a colaboração direta dos municípios.

Apesar dos esforços realizados, sabe-se que a situação ainda é grave, pois, além dos recursos, é necessário o aprimoramento e a capacitação dos funcionários, das administrações municipais e da população como um todo.

Na grande maioria dos municípios, o tipo de disposição final é escolhido sem nenhum critério econômico, gerando custos excessivos de operação e manutenção (RODRIGUES, 2008).

De acordo com CEMPRE (2000), dependendo de sua origem e de seu volume, os resíduos possuem responsáveis determinados em gerenciá-los. O Quadro1 exemplifica quais são os responsáveis pela coleta e destinação final, dependendo da origem dos resíduos sólidos.

Quadro1 - Responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos

Origem do lixo	Responsável
Domiciliar	Prefeitura
Comercial	Prefeitura
Público	Prefeitura
Serviços de saúde	Gerador
Industrial	Gerador
Portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários	Gerador
Agrícola	Gerador
Entulho	Gerador

Fonte: CEMPRE (2000)

Quanto aos resíduos comerciais, a prefeitura é responsável somente por quantidades pequenas, ou seja, geralmente inferiores a 50 kg, e de acordo com legislação municipal específica, quantidades superiores a esta são de responsabilidade do gerador (CEMPRE, 2000).

Apenas, os geradores de grandes quantidades e os geradores de resíduos perigosos, tais como as indústrias, têm a obrigação de dar o destino final aos seus resíduos.

4 COLETA SELETIVA

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A coleta seletiva consiste na separação de materiais recicláveis, como plásticos, vidros, papéis e metais, nas várias fontes geradoras – residências, empresas, escolas, comércio e indústrias; tendo em vista a coleta e o encaminhamento para a reciclagem.

Esses materiais representam cerca de 30% da composição do lixo domiciliar brasileiro, que na sua maior parte é composto por matéria orgânica (IBGE, 2001).

A implantação de programas de coleta seletiva deve estar fundamentada no estudo detalhado das condições locais e em sólidos argumentos técnicos.

Um estudo da implantação de coleta seletiva deve caracterizar as propriedades do resíduo a ser coletado, o acesso ao recolhimento adequado (transporte), a presença de cooperativas que administrem o beneficiamento e a venda de tais produtos (MARCO, 2009).

Assim, o levantamento de dados específicos de cada região ou cidade, permite concluir se a implantação de programas locais de reciclagem e de usinas de beneficiamento de materiais apresenta viabilidade, bem como estabelecer as proporções das instalações e equipamentos necessários para tais implantações.

4.2 COLETA SELETIVA NO BRASIL

As organizações de catadores no Brasil iniciou-se em 1985, com o apoio de entidades vinculadas à Igreja Católica, cujo objetivo era resgatar a dignidade, a autoestima e a convivência social dos moradores de rua que viam nos materiais recicláveis sua atividade econômica (MARTINS, 2004).

A partir das primeiras experiências, outros grupos se organizaram com o apoio de ONGs e de técnicos municipais ligados à área ambiental.

Em 1989, a Prefeitura Municipal de São Paulo estabeleceu parceria com uma cooperativa de catadores e promulgou um decreto reconhecendo o trabalho do catador como profissão, e como agentes importantes de limpeza pública (RIBEIRO; BESEN, 2007).

Segundo Ribeiro e Besen (2007), só a partir de 1990, iniciativas organizadas de coleta seletiva começaram a se destacar no Brasil. Os trabalhos começaram em função de parcerias das prefeituras com organizações de catadores e da aquisição de galpões de triagem, equipamentos e veículos de coleta e apoio das campanhas de conscientização e divulgação.

Atualmente, os catadores organizados realizam as atividades de coleta, triagem, beneficiamento e comercialização dos materiais. Mesmo assim, os programas em parceria com catadores organizados enfrentam dificuldades de ordem técnica, organizacional e econômica.

O principal problema enfrentado pelas cooperativas organizadas é a falta de profissionais com capacitação e organização do trabalho, em função de baixo conhecimento e da dificuldade na implementação da prática cooperativista.

Os programas municipais de coleta seletiva são implantados, geralmente, com recursos orçamentários municipais, procedentes de taxa de limpeza pública específica ou de taxa arrecadada juntamente com o Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU.

A coleta seletiva, além de contribuir significativamente para a sustentabilidade urbana, incorpora um perfil de inclusão social e geração de renda para os setores mais carentes e excluídos do acesso aos mercados formais de trabalho.

A implantação da coleta seletiva é um processo que começa sempre com dificuldades, mas vai se aperfeiçoando quando é acompanhado por procedimentos de educação ambiental na escola e na medida em que a população vai percebendo que sua contribuição é valorizada (NAIME; SANTOS, 2010).

A separação dos materiais recicláveis cumpre um papel fundamental na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, pois estimula o hábito da separação do lixo na fonte geradora, promove a educação ambiental voltada para a redução do consumo e do desperdício, gera trabalho e renda, e melhora a qualidade da matéria orgânica para a uma possível compostagem.

De acordo com Singer (2002), cabe ainda ressaltar a valorização econômica dos materiais recicláveis e o seu potencial de geração de negócios, trabalho e renda.

As parcerias entre prefeituras e cooperativas de catadores, além de reduzir o custo dos programas de limpeza municipal, constituem um modelo de política pública de resíduos sólidos, com inclusão social e geração de renda.

Os municípios brasileiros são responsáveis pela destinação dos resíduos sólidos para aterros sanitários, mas não se preocupam com uma política ambientalmente responsável de reciclagem e de inclusão social (NAIME; SANTOS, 2010).

Ribeiro e Besen (2007) apontaram que no Brasil, os programas municipais de coleta seletiva integram o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares.

Esses programas podem ser operacionalizados pelas prefeituras; por empresas contratadas para essa finalidade; ou pelas prefeituras em parceria com catadores organizados em cooperativas, associações, ONGs e em Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIPs.

No entanto, os programas municipais de coleta seletiva no Brasil vêm aumentando gradativamente. Este fato pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Número de municípios com coleta seletiva

Ano	Número de municípios com coleta seletiva
1994	81
1999	135
2002	192
2004	237
2006	327
2008	405
2010	443
2012	766

Fonte: CEMPRE (2012)

Em 2007, a maioria dos municípios brasileiros que praticavam a coleta seletiva estavam concentrados nas regiões Sul e Sudeste, e tinham abrangência territorial limitada, desviando de aterros sanitários um volume crescente de materiais recicláveis (RIBEIRO; BESEN, 2007).

Segundo Naime e Santos (2010), sabe-se que o total de recicláveis nos resíduos sólidos urbanos dos municípios brasileiros está situado em torno dos 40%.

A deficiência da coleta seletiva se dá pela má estruturação das condições de trabalho dos catadores na central de triagem, onde faltam esteiras, assistência técnica, organização e condições de salubridade.

Em alguns municípios, mesmo sem a implantação da coleta seletiva e sem apoio institucional da prefeitura nos aspectos de infraestrutura para triagem e beneficiamento para comercialização, dados demonstram que a quantidade segregada em apenas um mês atinge quase 100 toneladas, com valores de comercialização em torno de trinta mil reais (NAIME; SANTOS, 2010).

Esses dados possibilitam ressaltar a importância das atividades de reciclagem para a reutilização dos materiais como matérias primas de novos processos industriais em condições que favorecem a economia de água e energia.

5 MATERIAIS RECICLÁVEIS

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para fins de comercialização, os materiais recicláveis são divididos em papel, papelão, embalagem longa vida, plástico rígido, plástico filme, PET, aço, alumínio e vidro.

O Quadro 3 apresenta a variação na composição dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) na cidade de São Paulo - SP entre os anos de 1927 e 1998.

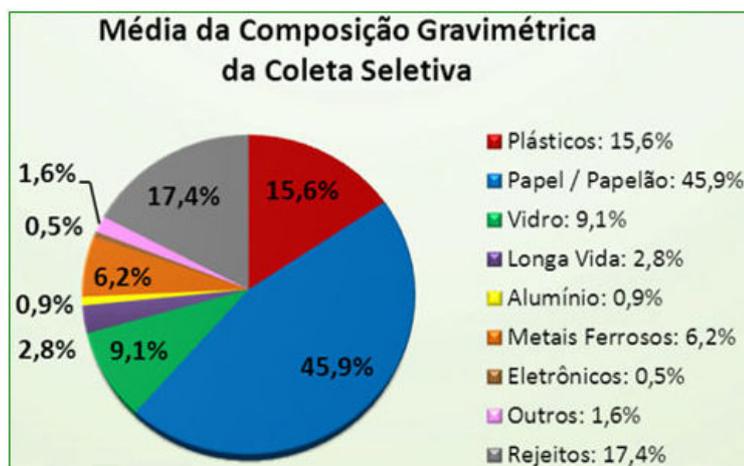
Quadro 3 - Composição dos RSD em São Paulo- SP

Material	Ano								
	1927	1947	1965	1969	1972	1989	1990	1993	1998
Papel e papelão	13,4	16,7	16,8	29,2	25,9	17,0	29,6	14,43	18,8
Plástico	-	-	-	1,9	4,3	7,5	9,0	12,08	22,9
Vidro	0,9	1,4	1,5	2,6	2,1	1,5	4,2	1,10	1,5
Metal e lata	1,7	2,2	2,2	7,8	4,2	3,25	,5,3	3,24	3,0
Matéria orgânica	82,5	76,0	76,0	52,2	47,6	55,0	47,4	64,43	69,3
Outros	1,5	2,7	3,1	3,8	4,3	-	3,0	4,52	3,0

Fonte: PROEMA apud CEMPRE (2000)

A Figura 5 mostra as médias da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares presentes nos sistemas de coleta seletiva no Brasil para o ano de 2012.

Figura 5 - Composição gravimétrica dos RSDs



Fonte: CEMPRE (2012)

O Quadro 4 mostra as porcentagens de peso dos materiais recicláveis encontradas em algumas cidades brasileiras e de outros países.

Quadro 4 - Porcentagem de material reciclável no lixo

Componente	Porcentagem de peso				
	Porto Alegre - RS (1994)	São Carlos - SP (1989)	Caxias do Sul - RS (1991)	Davis, EUA (1990)	Osaka, Japão (1989)
Matéria orgânica putrescível	58,6	56,7	53,4	6,4	11,7
Papel e papelão	21,3	21,3	21,0	41,0	35,7
Plástico	8,4	8,5	8,9	10,7	20,3
Vidro	1,3	1,4	2,6	5,8	7,1
Metais	4,4	5,4	5,4	7,9	5,3
Outros	6,0	6,7	8,7	28,2	19,9

Fonte: Reichert apud Martins (2004)

A característica inservível dos resíduos deve ser repensada, pois de um lado, pode não apresentar serventia para alguns, sendo seu destino o descarte; mas, por outro lado, pode ser considerado como uma matéria-prima, tornando-se parte de um novo produto ou processo (LIMA, 2010).

5.2 VALOR DE VENDA DOS MATERIAIS RECICLÁVEIS

Cada material reciclável apresenta um valor de venda, que é específico para cada região, mas que não varia muito. O alumínio é o material reciclável de maior interesse dos catadores por apresentar o mais alto valor de venda.

O preço da venda de materiais e o escoamento da produção dependem das indústrias recicladoras presentes na área de influência da usina de triagem.

Os preços praticados pelo mercado variam muito, sofrendo influência direta do preço da matéria-prima virgem (IBAM, 2001). O Quadro 5 apresenta alguns valores de venda de materiais recicláveis na região de Novo Hamburgo - RS no ano de 2009.

Quadro 5 - Valores de venda de materiais recicláveis no Rio Grande do Sul

MATERIAL	Preço/Kg
Metais	
Alumínio grosso; panela; spray	R\$ 3,00
Alumínio latinha	R\$ 1,70
Alumínio marmita	R\$ 0,50
Sucata (aço, ferro e lataria)	R\$ 0,24
Plásticos	
Filme	R\$ 0,50
Rígido	R\$ 0,65
PET	R\$ 0,60
Papéis	
Papel	R\$ 0,35
Papelão	R\$ 0,07
Embalagem longa vida	R\$ 0,04
Vidros	
Coloridos e brancos misturados	R\$ 0,15

Fonte: Naime e Santos (2010)

Além de procurar sempre por materiais limpos, algumas cooperativas desenvolvem trabalhos visando o beneficiamento de materiais recicláveis para agregar valor ao produto e permitir sua comercialização direta às indústrias, eliminando agentes intermediários (IBAM, 2001).

A participação da população na coleta seletiva é voluntária na maioria dos programas. A mobilização para a separação dos materiais recicláveis na fonte geradora é feita através de campanhas de sensibilização promovidas junto a bairros, condomínios, escolas, comércio, empresas e indústrias (RIBEIRO; BESEN, 2007).

O Quadro 6 apresenta os preços de venda de recicláveis praticados por programas de coleta seletiva em algumas regiões do Brasil. Estes valores são apresentados em real por quilograma (R\$/kg). A letra L representa material limpo e a letra P material prensado.

Quadro 6- Valores de venda de materiais recicláveis em grandes centros do Brasil

	Papelão	Papel Branco	Latas Aço	Latas Alumínio	Vidros	Plástico Rígido	PET	Plástico Filme	Longa Vida
São Paulo									
São José dos Campos	0,15 P	0,12 P	-	2,30 PL	0,15	1,30 P	1,70 P	0,30 P	0,20 P
Guarujá	0,18 PL	0,23 P	0,26 L	1,80 L	-	0,05 L	1,60 PL	0,70 PL	0,23 PL
São Paulo	0,22 PL	0,42 PL	0,32 L	2,80 PL	-	0,11 L	1,15 PL	0,13 L	0,22 P
Minas Gerais									
Belo Horizonte	0,18 PL	0,37 PL	0,30 P	2,40 PL	0,02 L	0,70 PL	1,50 P	0,90 PL	0,15 PL
Itabira	0,27 PL	0,81 PL	0,37 PL	2,40 PL	0,21	1,00 P	1,90 PL	1,20 PL	0,33 PL
Espírito Santo									
Guarapari	0,27 PL	0,17 L	0,14 L	2,80 L	-	0,50 PL	0,80 PL	0,50 PL	0,10 P
Rio de Janeiro									
Rio de Janeiro	0,25 PL	0,58 L	0,17 L	2,30 L	0,15 L	0,50 PL	1,40 PL	0,60 PL	0,21 PL
Mesquita	0,14 PL	0,45	0,32	2,50 PL	0,16	0,80 P	1,40 P	0,80 PL	0,22 PL

Fonte: CEMPRE (2012)

Legenda	
P	Material prensado
L	Material limpo
PL	Material prensado e limpo

5.3 UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS RECICLÁVEIS

a) Plástico Rígido, Plástico Filme e PET

Segundo Vasconcelos (2006), os resíduos do tipo plástico rígido, plástico filme e PET podem ser utilizados da seguinte forma:

- Pela reciclagem química, os plásticos podem ser transformados em petroquímicos básicos; ou seus componentes químicos podem ser recuperados individualmente para a produção de novos plásticos;
- Pela reciclagem mecânica, os descartes plásticos pós-industrializados ou pós-consumidos podem ser convertidos em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros produtos;
- E, pela reciclagem energética, há a possibilidade de utilização dos resíduos plásticos como combustíveis na geração de energia.

b) Papel e Papelão

A pasta celulósica, que é um material base para a produção de papel, pode provir da madeira e, também, do processamento do papel, ou seja, de reciclagem do papel.

Nesse caso, os papéis coletados para esse fim recebem o nome de aparas. A pasta celulósica procedente do processamento de aparas pode ser utilizada tanto para a fabricação de polpa moldada como de papel (CEMPRE, 2000).

c) Embalagem longa vida

O princípio de reciclagem deste tipo de embalagem consiste na hidratação das mesmas, em equipamento apropriado, onde ocorre a separação das fibras celulósicas, do plástico e do alumínio. As fibras celulósicas recuperadas são utilizadas na fabricação de papel e o resíduo composto por plástico e alumínio é utilizado na fabricação de peças plásticas ou queimado para eventual recuperação do alumínio (CEMPRE, 2000).

d) Metais: Aço e Alumínio

Embora seja maior o interesse na reciclagem de metais não ferrosos (tal como o alumínio), devido ao maior valor econômico da sucata, há também a procura pela sucata de ferro e de aço, inclusive pelas usinas siderúrgicas e fundições (ABRELPE apud VASCONCELOS, 2006).

É importante, ainda, observar que a sucata pode, sem maiores problemas, ser reciclada mesmo quando estiver enferrujada. A sucata é derretida para a formação de placas de aço ou alumínio que serão utilizadas para a fabricação de novas embalagens e ferramentas. Com a reciclagem do aço economiza-se três quartos da energia usada para sua fabricação a partir do minério de ferro. (ABRELPE apud VASCONCELOS, 2006).

e) Vidro

O vidro destinado à reciclagem se apresenta na forma de cacos, garrafas e embalagens com cores e dimensões variadas. As embalagens têm que ser lavadas e suas tampas e rótulos devem ser retirados.

Em seguida, esse vidro é triturado e passa por um processo industrial para a fabricação de novas embalagens e, também, de outros utensílios.

No caso da reciclagem de vidro, não há perda de qualidade ou pureza do produto. Para cada tonelada de vidro limpo, obtém-se uma tonelada de vidro novo. Sendo assim, o processo de reciclagem do vidro economiza aproximadamente 1,2 toneladas de matéria-prima (ABRELPE apud VASCONCELOS, 2006).

Por meio de processos de separação e reciclagem, os resíduos passam a ser encarados como matéria-prima pós-consumo ou matéria-prima secundária.

Materiais como plásticos, papéis, metais e vidros que seriam colocados em aterros ou lixões a céu aberto readquirem valor econômico e voltam ao ciclo do produto.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 ESTUDO DE CASO

Localização e história

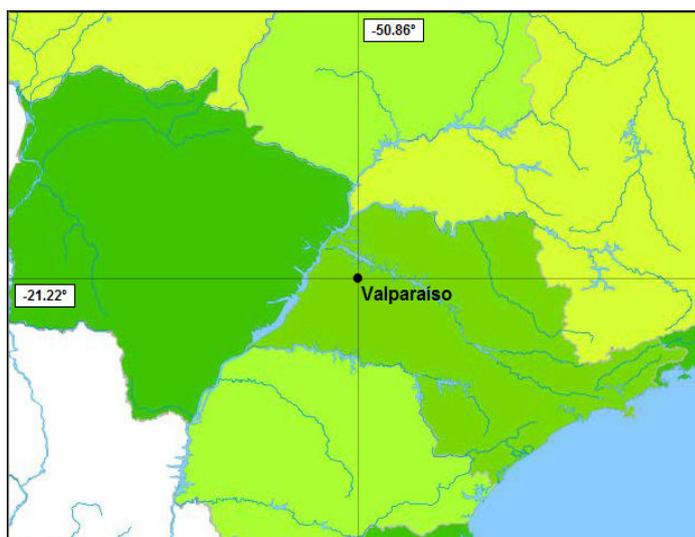
A cidade de Valparaíso encontra-se localizada à sudoeste do Estado de São Paulo na 9ª região administrativa, e tem como cidades vizinhas Araçatuba, Guararapes, Bento de Abreu, Lavínia, Adamantina e Lucélia.

Seu nome foi dado em função da região estar localizada em um vale. Quando era distrito, chamava-se Vale do Paraíso; mas, ao se tornar cidade passou a ser chamada Valparaíso (VALPARAÍSO, 2012).

O município possui uma área de oitocentos e cinquenta e oito quilômetros quadrados (858 km²), sendo que destes, 14 km² são constituídos por área urbana e os outros 844 km² constituem área rural (VALPARAÍSO, 2012).

Valparaíso está localizada a 21°13'20" de latitude sul e a 50°52'00" de longitude oeste; portanto, é uma cidade de clima quente com altitude máxima medida na cidade de 459 metros. A Figura 6 apresenta a localização da cidade de Valparaíso no mapa do Estado de São Paulo (IBGE, 2010)

Figura 6- Localização do município no estado de São Paulo



Fonte: IBGE (2010)

O município foi fundado por Francisco Vieira Leite no início da década de 1930 em virtude da expansão da cultura cafeeira. Neste período, as terras da região noroeste do Estado de São Paulo já estavam ocupadas por cafezais.

Muitos conflitos foram travados entre os indígenas que habitavam a região e os barões do café que queriam expandir suas lavouras, principalmente nas margens do Rio Aguapeí, mais conhecido pelos munícipes como Rio Feio (VALPARAÍSO, 2012).

O município de Valparaíso foi criado pela Lei Estadual Nº 2.859, de 08 de janeiro de 1937 e instalado em sessão solene da Câmara Municipal de Vereadores em 30 de maio de 1937, quando tomaram posse os primeiros membros da Câmara Municipal (VALPARAÍSO, 2012).

População e economia do município

De acordo com IBGE (2010):

- O município conta com uma população de 22.576 habitantes, sendo que destes 21.419 pessoas compõem a população urbana;
- Os domicílios permanentes correspondem a 6.171;
- A densidade populacional é aproximadamente 26,33 pessoa/km²; e
- A renda per capita média urbana é cerca de R\$ 640,00 e a renda per-capta média rural em torno de R\$ 528,00.

Atualmente a principal atividade econômica da cidade é o cultivo e a industrialização da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e álcool. A atividade econômica secundária é a pecuária de corte e a terciária é a cultura de milho.

O município conta com duas destilarias de álcool, a Usina Univalem, que hoje pertence ao grupo Raízem, e a Usina Da Mata, que é um empreendimento pertencente aos grupos Greendene e Brasif. No município, encontra-se instalada também uma unidade da indústria Ajinomoto Biolatina, onde é produzido um suplemento utilizado na engorda de animais.

6.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Segundo ABRELPE (2010), no último levantamento, as cidades da região sudeste do Brasil apresentaram uma média da taxa de geração per capita de lixo em torno de 1,288 kg/hab/dia. O Quadro 7 apresenta estes valores.

Quadro 7- Geração per capita de RSU

REGIÃO	2009	2010
	Índice em kg/hab/dia	Índice em kg/hab/dia
Norte	1,051	1,108
Nordeste	1,254	1,289
Centro-Oeste	1.161	1,245
Sudeste	1,204	1,288
Sul	0,859	0,879
Brasil	1,152	1,213

Fonte: ABRELPE (2010)

Utilizando essa taxa para calcular a quantidade aproximada de resíduos sólidos domiciliares produzidos na cidade de Valparaíso – SP, obtém-se o valor de 29.077,89 kg de lixo produzido por dia.

Considerando que os serviços de coleta e destinação final de resíduos sólidos não conseguem atender a 100% da população dos municípios, ABRELPE (2010) mostrou que a porcentagem da população atendida por este serviço fica em torno de 95%.

Assim, para o município de Valparaíso -SP essa porcentagem em peso ficaria em torno de 27 toneladas por dia de lixo coletado.

Essa coleta é realizada por uma empresa terceirizada, não sediada no município, que também é responsável pelo serviço de coleta seletiva realizada semanalmente.

O lixo do município é disposto em aterro controlado e o material reciclável coletado é separado pelos encarcerados do sistema penitenciário em regime semiaberto para posterior venda deste material.

6.3 CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

O cálculo do tamanho da amostra foi feito baseado na estimativa da proporção populacional considerando uma população finita, ou seja: $(\hat{p} \cdot \hat{q}) = 0,25$. O tamanho da amostra (n) será calculado utilizando a Equação 1 (TRIOLA, 1999).

$$n = \frac{N \cdot (\hat{p} \cdot \hat{q}) \cdot (z\alpha/2)^2}{(\hat{p} \cdot \hat{q}) \cdot (z\alpha/2)^2 + (N-1) \cdot E^2} \quad (1)$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

N = número de habitações no município;

$(\hat{p} \cdot \hat{q})$ = estimativa da proporção populacional para amostras consideradas finitas;

$(z\alpha/2)^2$ = constante designada de acordo com o grau de confiança adotado; e

E^2 = porcentagem de erro adotada.

O tamanho da amostra calculado foi de 68 residências a serem visitadas. Este valor corresponde a um intervalo de confiança de 90% e um erro percentual de 10%.

Tipo	População total (N)	Intervalo de confiança	$Z\alpha/2$	E	Tamanho da Amostra (n)
Residência	6987	90%	1,645	10%	68

6.4 DIVISÃO DO MUNICÍPIO EM REGIÕES

Para a realização da pesquisa, o município foi dividido em cinco regiões como mostra a Figura 7.

O número de casas pesquisadas em cada região foi designado pelo tamanho de cada setor e não especificamente pelo número de bairros de cada um deles.

Figura 7- Divisão do município em regiões



Fonte: Valparaíso (2012)

A região 1 abrange quatro bairros e foram coletados resíduos de 12 residências.

A região 2 corresponde a cinco bairros e foram coletados resíduos de 16 residências.

A região 3 corresponde também a cinco bairros e foram coletados resíduos em 12 residências.

A região 4 abrange quatro bairros e foram coletados resíduos em 12 residências.

A região 5 corresponde a seis bairros e foram coletados resíduos em 16 residências.

6.5 COLETA DO MATERIAL RECICLÁVEL

Para a coleta do material foram escolhidas residências aleatoriamente dentro de cada região mostrada no mapa da Figura 7. Houve uma visita inicial em cada residência para saber a concordância do morador em colaborar com a pesquisa.

Após a aceitação do morador foi explicado como o resíduo reciclável deveria ser separado e armazenado. Em cada residência que aceitou participar da coleta de dados, foi deixado um saco de lixo com capacidade para 50 litros.

Cada saco foi identificado com o nome do morador responsável pela separação e entrega do material, com o setor ao qual correspondia a residência e a data de coleta do material.

Cada saco plástico permaneceu na residência a ser analisada durante sete dias, após este período os sacos com os resíduos recicláveis foram coletados e levados para a separação, contagem e pesagem.

Os materiais coletados foram separados em:

- **Plástico Rígido:** todos os tipos de plásticos quebráveis, ou seja, que não apresentam elasticidade;

- **Plástico Filme:** filmes plásticos utilizados para culinária não contaminados, sacolas plásticas e saquinhos plásticos;
- **PET:** garrafas de refrigerantes e/ou outros produtos que utilizam este tipo de material como embalagem, sem distinção de cor;
- **Papelão:** todo tipo de papel com alta densidade e sem branqueamento das fibras;
- **Papel:** papel de baixa densidade com ou sem branqueamento das fibras, sem distinção de cores;
- **Longa vida:** embalagens que apresentam em sua composição papelão, plástico e alumínio;
- **Alumínio:** latas de refrigerante ou outro alimento, panelas e outros objetos feitos de alumínio;
- **Aço:** embalagens de alimentos e outros objetos feitos de aço;
- **Vidro:** todo tipo de objetos sem distinção de coloração.

O processo de entrevista, estadia do saco nas residências e coleta destes foi do dia 05 (cinco) ao dia 20 (vinte) do mês de janeiro do ano de 2012.

Após o material coletado ter sido separado, contado e pesado; foi entregue à equipe de coleta seletiva do município.

6.6 DESCRIÇÃO DO MÉTODO DA RELAÇÃO BENEFÍCIO – CUSTO

Para analisar a viabilidade da implantação da coleta seletiva no município de Valparaíso – SP, fez-se necessário a utilização de uma comparação numérica, sendo escolhida a Relação Benefício – Custo, por melhor se adaptar aos dados coletados.

A Relação Benefício-Custo é dada pela relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos do projeto. A Relação Benefício-Custo é calculada pela Equação 2 (OLIVEIRA, 1982).

$$RBC = \frac{P_B}{P_C} \quad (2)$$

Onde:

RBC = Relação Benefício – Custo;

PB = Valor presente dos benefícios; e

PC = Valor presente dos custos.

Se $RBC \leq 1$, então o projeto é inviável economicamente; e $RBC > 1$, então o projeto é viável economicamente.

Inicialmente, calcula-se o valor presente dos benefícios do projeto pela Equação 3 (OLIVEIRA, 1982).

$$P_B = U (U/P, i\%, N) + M (M/P, i\%, N) \quad (3)$$

Onde:

P_B – Valor presente dos benefícios (R\$);

U – Série uniforme de recebimentos (R\$);

U/P – Fator de conversão da série uniforme para valor presente;

$i\%$ - Taxa de juros;

N - vida útil dos equipamentos;

M – Montante (R\$); e

M/P – Fator de conversão do montante para valor presente.

Posteriormente, calcula-se o valor presente dos custos do projeto pela Equação 4 (OLIVEIRA, 1982).

$$P_C = P + U (U/P, i\%, N) \quad (4)$$

Onde:

P_C – Valor presente dos custos (R\$);

P – Valor presente (R\$);

U – Série uniforme de pagamentos (R\$);

U/P – Fator de conversão da série uniforme para valor presente;

i% - Taxa de juros; e

N - vida útil dos equipamentos.

Finalmente substitui-se os valores de P_B e P_C na fórmula RBC para encontrar o valor final de comparação da relação.

7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 QUANTIDADE E PESO DOS RESÍDUOS COLETADOS

A Tabela 1 apresenta de maneira exata as quantidades em unidade, peso e porcentagem de peso, resultantes da coleta de material referente a uma semana.

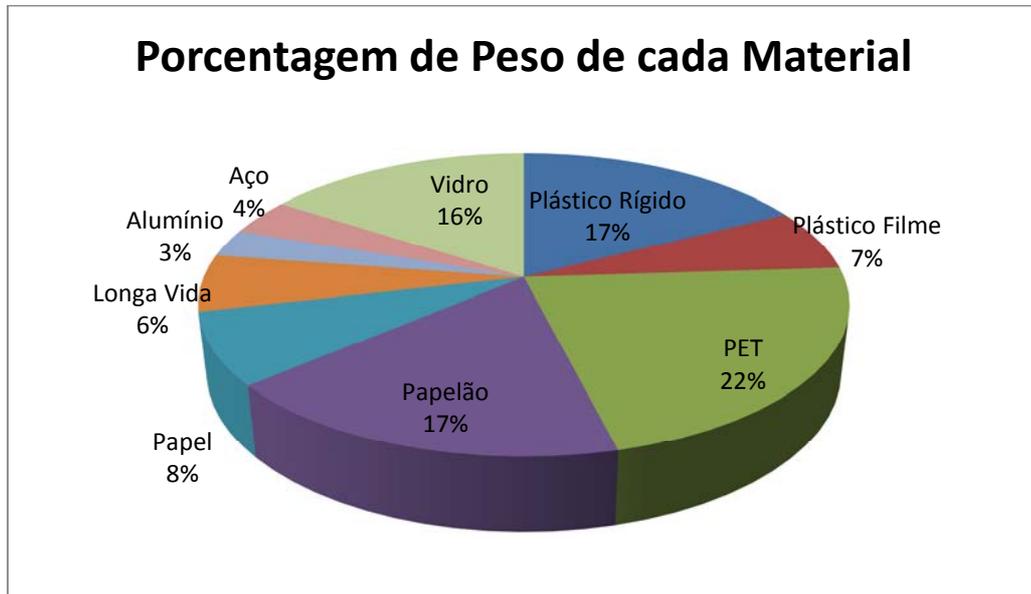
Tabela 1- Quantidade de material reciclável coletado em uma semana

Material	Quantidade (unidade)	Peso (kg)	Porcentagem de Peso
Plástico Rígido	387	12,610	17,34%
Plástico Filme	719	4,830	6,64%
PET	372	16,100	22,14%
Papelão	382	12,760	17,54%
Papel	194	5,590	7,69%
Longa Vida	164	4,410	6,07%
Alumínio	92	2,150	2,95%
Lata de Aço	40	2,830	3,89%
Vidro	38	11,450	15,74%
Total	2388	72,730	100%

Fonte: do próprio autor

A Figura 8 apresenta valores aproximados das porcentagens de peso de cada material. Nesta figura, pode-se visualizar, de forma mais clara, a diferença na quantidade de geração de cada material no município de Valparaíso - SP.

Figura 8- Porcentagem de peso de cada material coletado



Fonte: do próprio autor

A Figura 9 apresenta as quantidades de cada material coletado. Neste gráfico os valores apresentados são correspondentes aos valores apresentados na Tabela 1.

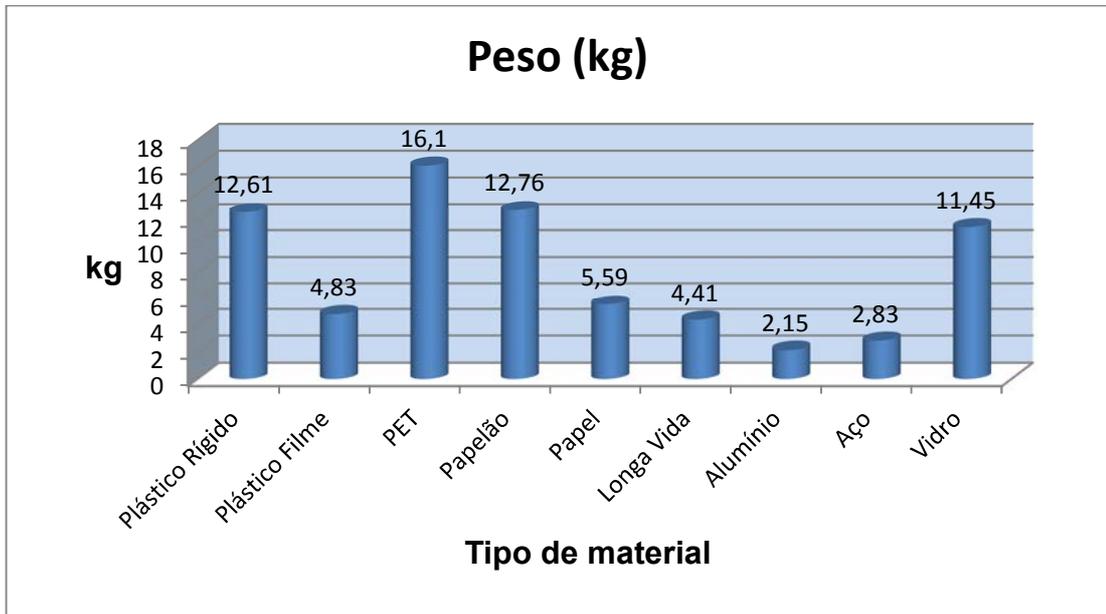
Figura 9- Quantidade em unidade de cada material coletado



Fonte: do próprio autor

A Figura 10 mostra os valores correspondentes aos pesos resultantes da separação dos materiais coletados.

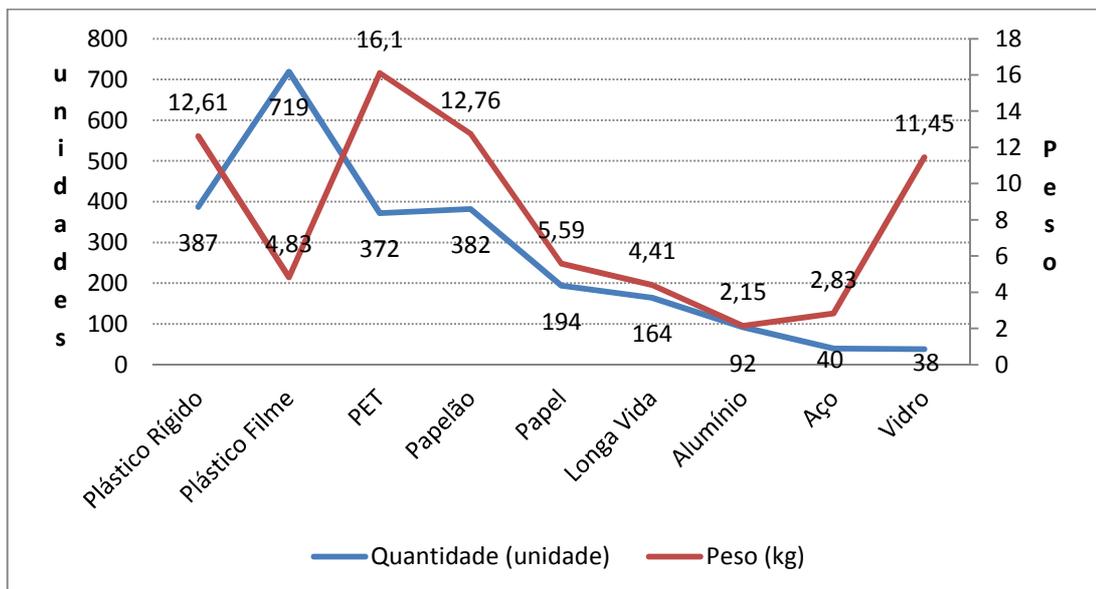
Figura 10- Peso de cada material coletado



Fonte: do próprio autor

A Figura 11 apresenta a relação direta entre a quantidade em unidade e o peso em quilograma (kg) de cada material coletado.

Figura 11- Relação entre a quantidade em unidade e o peso (kg) dos materiais coletados



Fonte: do próprio autor

Observando este gráfico, nota-se que apesar de o plástico filme apresentar a maior quantidade coletada, seu peso não é muito significativo, enquanto o vidro apresenta o menor valor coletado em termos de quantidade, e possui o 4º maior peso.

Em termos de maior significância de peso, o material que lidera a contagem é o PET, ficando em torno de 16 kg de material coletado.

O alumínio, que é o material de maior interesse comercial por apresentar alto valor de venda, obteve o menor peso de material coletado, correspondendo a 2,15 kg.

7.2 ESTIMATIVA PARA RESULTADOS MENSAIS

Considerando que os valores apresentados até agora correspondem a um período de 7 dias, percebeu-se a necessidade de fazer a proporção destes valores para um período de 30 dias.

Os valores calculados para um período de 30 dias referentes à amostra são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Estimativa de material reciclável coletado em 30 dias para população de amostra

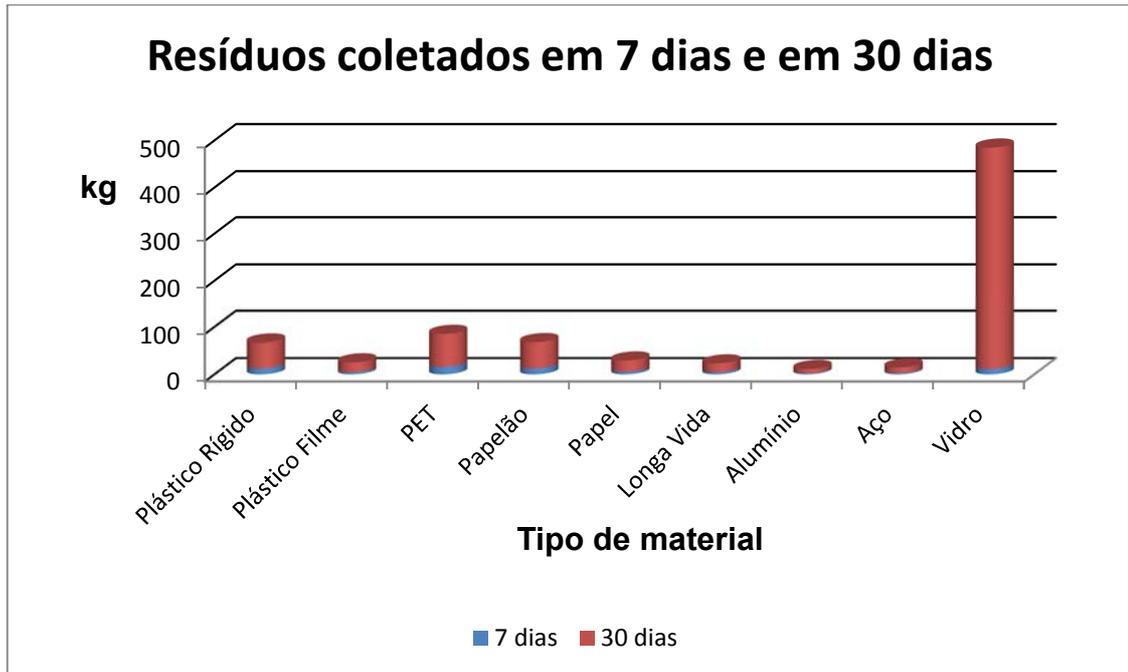
Material	Quantidade (unidade)	Peso (kg)
Plástico Rígido	1659	54,042
Plástico Filme	3081	20,700
PET	1594	69,000
Papelão	1637	54,685
Papel	832	23,957
Longa Vida	703	18,900
Alumínio	394	9,214
Lata de Aço	172	12,128
Vidro	163	473,357
Total	10235	735,983

Fonte: do próprio autor

Os valores da porcentagem de peso dos materiais recicláveis coletados não são apresentados na Tabela 2, visto que estes permanecem iguais aos valores para 7 dias.

A Figura 12 mostra a diferença de peso (kg) do material coletado em 7 dias e em 30 dias para a amostra.

Figura 12- Peso de resíduos coletados em 7 dias e em 30 dias



Fonte: do próprio autor

7.3 ESTIMATIVA PARA POPULAÇÃO TOTAL

Segundo IBGE (2010), a população do município de Valparaíso - SP é de 22.576 habitantes. A soma dos habitantes das residências pesquisadas é igual a 230 pessoas. Este valor corresponde a, aproximadamente, 1% da população total do município.

A Tabela 3 apresenta uma estimativa da quantidade total de material reciclável produzido no município durante 1 mês, levando em conta que 100% da população separa o material e o entrega à coleta seletiva.

Tabela 3- Estimativa de material reciclável coletado em 30 dias para população total

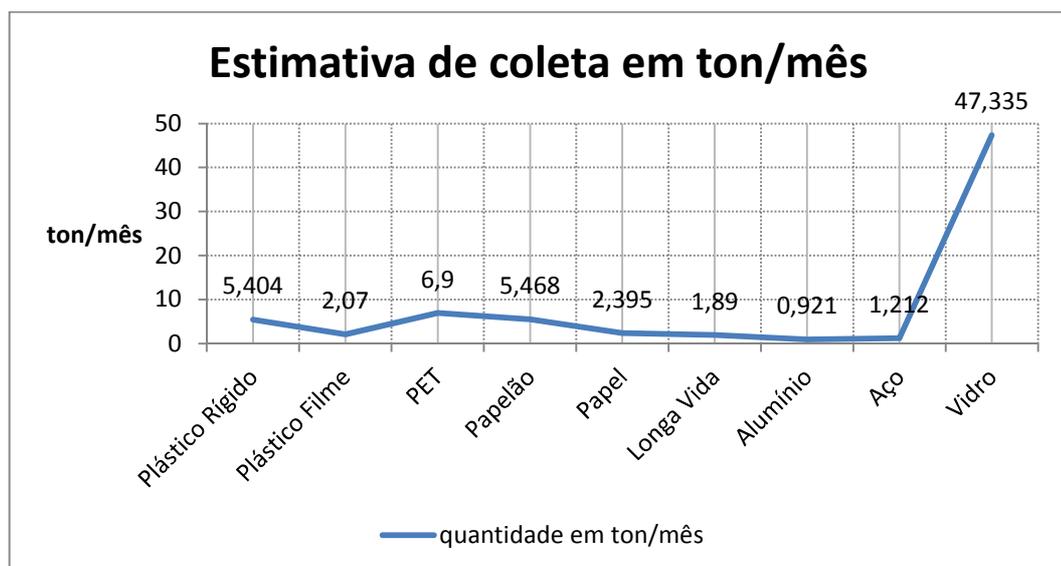
Material	Quantidade (unidade)	Peso (kg)
Plástico Rígido	16.5900	5.404,200
Plástico Filme	30.8100	2.070,000
PET	15.9400	6.900,000
Papelão	16.3700	5.468,500
Papel	83.200	2.395,700
Longa Vida	70.300	1.890,000
Alumínio	39.400	921,400
Lata de Aço	17.200	1.212,800
Vidro	16.300	47.335,700
Total	1.023.500	73.598,300

Fonte: do próprio autor

Com esses números, pode-se tratar os valores de peso em toneladas. O valor total coletado é aproximadamente 73,500 toneladas/mês.

A Figura 13 mostra a quantidade de cada tipo de material produzido mensalmente no município.

Figura 13- Estimativa de coleta de recicláveis (ton/mês) para o município de Valparaíso – SP



Fonte: do próprio autor

Como já foi observado em todos os gráficos anteriores, o material de peso mais significativo é o vidro, enquanto que o de peso menos significativo é o alumínio.

7.4 CONVERSÃO DE VALORES

Utilizando os dados do Quadro 8 construído a partir de dados cedidos pela Empresa Constroeste Ambiental, responsável pela coleta seletiva na cidade de Andradina - SP, calculou-se o valor que cada um dos materiais coletados renderia à um programa de coleta seletiva no município de Valparaíso durante um mês. Estes valores estão apresentados na Tabela 4.

Quadro 8- Valores de venda dos materiais recicláveis na região de Andradina – SP

Município	Andradina - SP
Materiais	Valores Aplicados (R\$/kg)
Papelão	0,15
Papel	0,60
Aço	0,10
Alumínio	2,00
Vidro	0,06
Plástico Rígido	0,40
PET	1,30
Plástico Filme	0,35
Longa Vida	0,06

Fonte: Empresa Constroeste Ambiental (2012).

Multiplicando esses valores, pela quantidade gerada de cada material em um mês, obteve-se os seguintes valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Rendimento mensal dos materiais recicláveis coletados

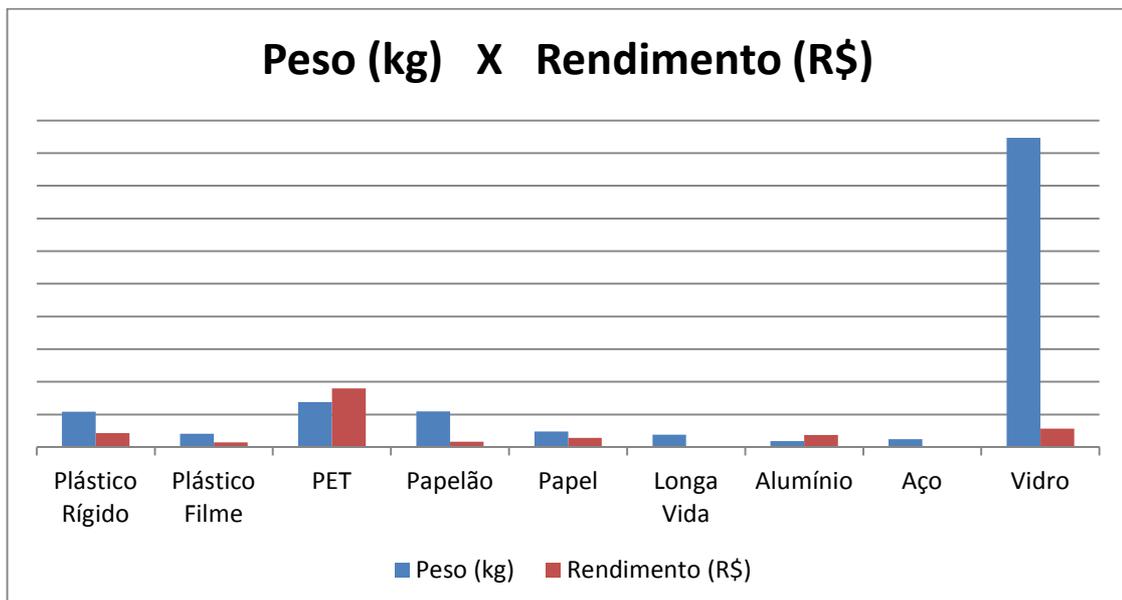
Material	Peso (kg)	Rendimento (R\$)
Plástico Rígido	5.404,200	2.161,68
Plástico Filme	2.070,000	724,50
PET	6.900,000	8.970,00
Papelão	5.468,500	820,27
Papel	2.395,700	1.437,42
Longa Vida	1.890,000	113,40
Alumínio	921,400	1.842,80
Lata de Aço	1.212,800	121,28
Vidro	47.335,700	2.840,14
Total	73.598,300	19.031,49

Fonte: do próprio autor

Observa-se na Tabela 4 que o alumínio, que até então apresentava a menor significância em relação aos percentuais de peso dos materiais coletados, assumiu o 4º lugar do rendimento (R\$).

A Figura 14 mostra a relação entre o peso e o rendimento de cada um dos materiais recicláveis coletados, comprovando qual deles é o mais rentável e qual deles é o menos rentável.

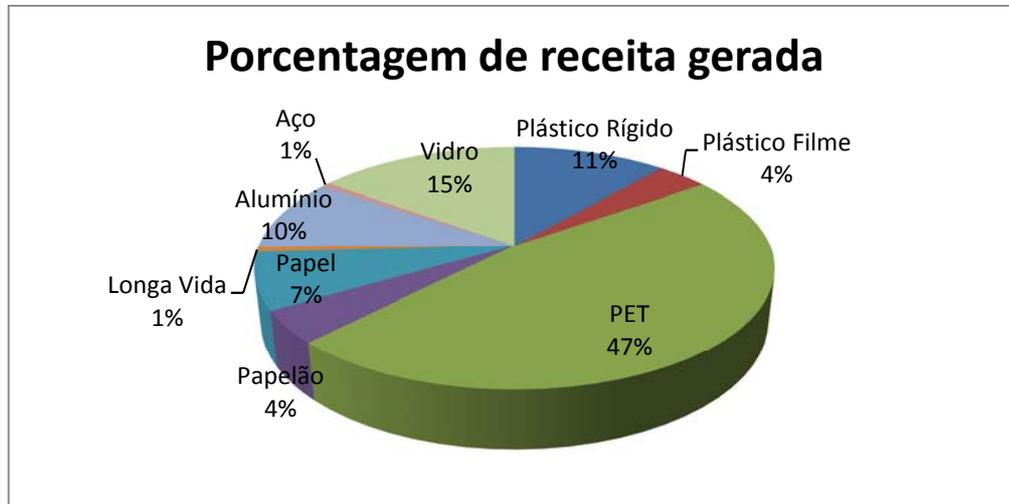
Figura 14- Comparação entre a quantidade em quilogramas e os respectivos rendimentos em real (R\$)



Fonte: do próprio autor

A Figura 15 mostra o percentual de cada material na receita final gerada pela venda dos materiais recicláveis coletados no município de Valparaíso - SP.

Figura 15- Porcentagem de cada material coletado na receita final gerada



Fonte: do próprio autor

7.5 CUSTO DA COLETA SELETIVA

Segundo CEMPRE (2012), a comparação entre os valores médios de custo da coleta seletiva e convencional no ano de 2012, apresentou a seguinte relação: o custo médio da coleta seletiva (US\$ 212/ton) corresponde a quatro vezes (4,0 vezes) o valor da coleta convencional.

Com o valor do dólar americano no dia 13/11/2012 sendo cotado a R\$ 2,069 foi calculado um custo médio da coleta seletiva de R\$438,63/ton, e para a coleta regular um custo médio de R\$ 109,65/ton.

Lima (2010) comprovou em seus estudos que se toda a população de um município de médio porte colaborasse com a coleta seletiva, separando corretamente e entregando seus materiais recicláveis ao pessoal organizado, a relação entre o custo da coleta seletiva e o custo da coleta regular seria menor, conforme mostra a Equação 5.

$$C_{CS} = 0,8 \cdot C_{CR} \quad (5)$$

Onde:

C_{CS} = custo da coleta seletiva

C_{CR} = custo da coleta regular

Substituindo o valor de $C_{CR} = 109,65$ na Equação 5, temos:

$$C_{CS} = 0,8 \cdot 109,65$$

$$C_{CS} = 87,72$$

Assim sendo, o custo da coleta seletiva passaria de R\$ 438,63/ton para R\$ 87,72/ton.

O custo total da coleta seletiva para o município de Valparaíso – SP, utilizando o valor unitário determinado por Lima (2010), é calculado pela Equação 6:

$$C_{TCS} = G_{RR} \times C_{CS} \tag{6}$$

Onde:

C_{TCS} = custo total da coleta seletiva

G_{RR} = geração de resíduos recicláveis

C_{CS} = custo da coleta seletiva

Substituindo os valores de $G_{RR} = 73,59\text{ton/mês}$ e $C_{CS} = \text{R\$ } 87,72/\text{ton}$ na Equação 6, o valor do custo final da coleta seletiva (C_{TCS}) é igual a R\$ 6.455,31/mês.

A diferença entre a receita gerada calculada (R\$ 19.031,49) e o custo total da coleta seletiva (R\$ 6.455,31) resulta em um lucro igual a R\$ 12.576,18

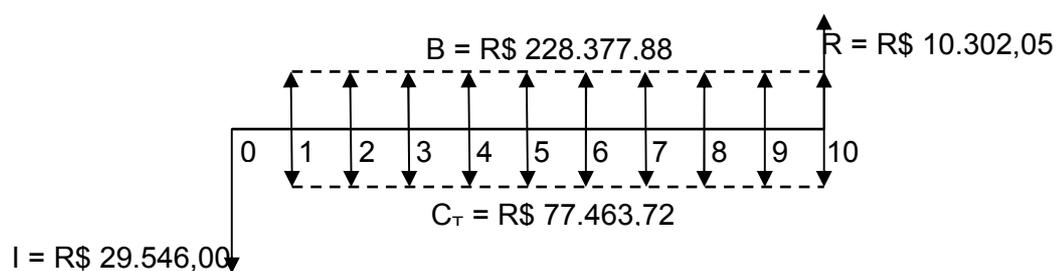
8 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a realização da análise de viabilidade econômica de um sistema de coleta seletiva no município de Valparaíso-SP, utilizou-se o método da Relação Benefício-Custo- RBC (OLIVEIRA, 1982).

Fluxo de Caixa do Projeto de Coleta Seletiva para a Cidade de Valparaíso - SP

Inicialmente, para o cálculo da Relação Benefício – Custo, foi montado um fluxo de caixa, assim como mostra a Figura 16.

Figura 16 – Fluxo de caixa do projeto de coleta seletiva para o município de Valparaíso - SP



Fonte: do próprio autor

O investimento do projeto (I) é representado por R\$29.546,00. Este valor corresponde à compra de duas prensas enfardadeiras para todos os tipos de materiais (R\$ 13.440,00 cada uma) e uma balança com capacidade de pesagem entre 1 – 500 kg (R\$2.666,00).

Tendo cada um desses equipamentos uma vida útil estimada em 10 anos, o valor residual (R) do investimento após este período é de R\$ 10.302,05 para taxa de depreciação igual a 10% ao ano.

O valor de R\$ 228.377,88 representa o benefício gerado pelo projeto (B), ou seja, o quanto o projeto irá render durante o período de 1 ano. Este valor é obtido multiplicando-se a quantidade de cada resíduo gerado durante 1 ano pelo seu valor de venda, e somando cada um destes valores, como mostra a Equação 7.

$$B = \sum_{i=0}^{i=n} Q_i \times C_i \quad (7)$$

Onde:

Q_i = quantidade gerada de resíduo do tipo i

C_i = valor de venda do resíduo do tipo i

O Custo da coleta seletiva também é levado em conta na Relação Benefício – Custo. Tal valor é representado por R\$ 77.463,72/ano. Este valor é obtido multiplicando-se por 12 o valor resultante da Equação 6 demonstrada no Capítulo 7. Ou seja, R\$ 6.455,31/mês . 12.

Relação Benefício – Custo:

Substituindo os valores da série uniforme ($U = B = R\$ 228.377,88$), da taxa de juros ($i = 7\%$ a.a. Selic, 2012), da vida útil ($N = 10$ anos) e do montante ($M = R = R\$ 10.302,05$) na Equação 3, tem-se:

$$P_B = 228.377,88 (U/P, 7\%, 10) + 10.302,05 (M/P, 7\%, 10)$$

Segundo Oliveira (1982), os valores dos fatores de conversão são os seguintes:

$$(U/P, 7\%, 10) = 7,0236$$

$$(M/P, 7\%, 10) = 0,5083$$

Então, substituindo todos os valores na Equação 3, tem-se:

$$P_B = 228.377,88 \times 7,0236 + 10.302,05 \times 0,5083$$

$$P_B = \text{R\$ } 1.609.271,41$$

Substituindo os valores do valor presente ($P = I = \text{R\$ } 29.546,00$), da série uniforme ($U = C_T = \text{R\$ } 77.463,77$), da taxa de juros ($i = 7\%$ a.a. Selic, 2012) e da vida útil ($N = 10$ anos) na Equação 4, tem-se:

$$P_C = 29.546,00 + 77.463,77 (U/P, 7\%, 10)$$

Segundo Oliveira (1982), o valor do fator de conversão é o seguinte:

$$(U/P, 7\%, 10) = 7,0236$$

Então, substituindo todos os valores na Equação 4, tem-se:

$$P_C = 29.546,00 + 77.463,77 \times 7,0236$$

$$P_C = \text{R\$ } 573.620,53$$

Finalmente, pode-se calcular o valor da Relação Benefício-Custo do projeto substituindo os valores na Equação 2.

$$RBC = \frac{1.609.271,41}{573.620,53}$$

$$RBC = 2,805$$

Segundo a regra de comparação: $RBC \leq 1$ – projeto inviável economicamente, e $RBC > 1$ – projeto viável economicamente, a Relação Benefício – Custo entre os valores calculados resultou em um valor positivo ($RBC > 1$) igual a 2,805, havendo assim lucro considerável do sistema de coleta seletiva estudado.

No entanto, deve-se considerar que a médio e longo prazo, pode haver variações tanto nas características de geração de resíduos recicláveis do município de Valparaíso – SP, como também nos valores de mercado destes materiais estudados.

Se ocorrer variação positiva das características dos resíduos recicláveis, ou seja, se aumentar a quantidade gerada destes resíduos, o índice RBC torna-se ainda maior, confirmando assim a viabilidade do projeto.

Para que o projeto torne-se inviável, é preciso que haja uma variação negativa bastante significativa na geração dos resíduos recicláveis, visto que o índice RBC apresentou um valor muito acima de 1 ($RBC \gg 1$).

9 CONCLUSÕES

Com os resultados encontrados pode-se inferir que a Coleta Seletiva no Município de Valparaíso é viável considerando RBC calculado igual a 2,805, no entanto, os valores de mercado devem ser atualizados periodicamente.

A produção de papel e alumínio no município apresentou-se baixa em função da intervenção de catadores autônomos, indicando que a coleta seletiva realizada por uma cooperativa de catadores poderá aumentar a quantidade coletada desses elementos.

Este estudo mostrou que se a maioria a população colaborar com a coleta seletiva, separando corretamente e entregando seus materiais recicláveis á uma cooperativa de catadores, a relação entre o custo da coleta seletiva e o custo da coleta regular seria menor, gerando lucro e podendo tornar-se uma fonte de renda para uma parcela da população do município.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 10.004**: resíduos sólidos: classificação. São Paulo, 2004. 77 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 5. ed. São Paulo: [s.n.], 2007. 151 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 8. ed. São Paulo: [s.n.], 2010. 199 p.

ALSAMAWI, A. A.; ZBOON, A. R. T.; ALNAKEEB, A. Estimation of baghdad municipal solid waste generation rate. **Eng.& Tech. Journal**, Bagdá, v. 27, n. 1, p. 15, 2009.

BRINGHENTI, J. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos**: aspectos operacionais e da participação da população. 2004. 316 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo- USP, São Paulo, 2004.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. **Resíduos sólidos urbanos**: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Florianópolis: PROSAB, 2003. 288 p.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM- CEMPRE. **CEMPRE informa – nº 122 – mar/abr 2012**. [S.l.]: [s.n.], [2012?]. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ci_2012-0304_mercado_2.php> Acesso em: 22 jun. 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL- CETESB **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares**: relatório de 2008. São Paulo: CETESB, 2009. 177 p.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM- CEMPRE. **Ciclosoft 2010**. São Paulo: CEMPRE, 2010. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ciclosoft_2010.php>. Acesso em: 22 jun. 2012.

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.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A.(Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado** 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- EPA. **Municipal solid waste in the United States: facts and figures for 2003**. New York: Office of Solid Waste and Emergency Response, 2003. 12 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/pubs/msw03rpt.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2012.

FUZARO, A. J.; RIBEIRO, L. T. (Ed.). **Coleta seletiva para prefeituras**. 5. ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2007. 35 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. [S.l.]: [s.n.], 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/>> Acesso em: 10 jun. 2012

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Estimativas das populações dos municípios em 2010**. [S.l.]: [s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codigo=355630>> Acesso em: 12 jul. 2012

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL- IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

IKUTA, F. A. **Resíduos sólidos urbanos no Pontal do Paranapanema – SP: inovação e desafios na coleta seletiva e organização de catadores**. 2010. 244 f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2010.

LIMA, G. C. T. **Análise de sustentabilidade econômica da coleta seletiva**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

LOBATO, K. C. D.; LIMA, J. P. Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Itajubá, v. 15, n. 4, p. 347-356, 2010.

MARCO, R. M. F. **Diagnóstico da geração e disposição dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da 7ª região administrativa do Estado de São Paulo**. 2009. 204 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

MARTINS, C. H. B. **Trabalhadores na reciclagem do lixo: dinâmicas econômicas, socioambientais e políticas na perspectiva de empoderamento**. 2004. 211 f. Tese (Doutorado)– Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

NAIME, R.; SANTOS, K. L. Diagnóstico da gestão de resíduos sólidos no município de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 2, p. 230-240, abr. /jun. 2010.

OLIVEIRA, J. A. N. **Engenharia econômica: uma abordagem às decisões de investimento.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. 172 p.

ONOFRE, F. L. **Estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares.** 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado)– Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

PARREIRA, G. F.; OLIVEIRA, F. G.; LIMA, F. P. A. O gargalo da reciclagem: determinantes sistêmicos da triagem de materiais recicláveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIX, 2009, Salvador. **Anais.** Salvador: [s.n.], 2009. 10 p.

PHILIPPI JUNIOR, A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental.** Barueri: Manole, 2004. 1045 p.

RIBEIRO, H; BESEN, G. R. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. **Interfaches: Revista de Gestão Integrada do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 18, ago. 2007.

RODRIGUES, P. S. H. **Análise de viabilidade econômica de um aterro sanitário para cidade de pequeno porte.** 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado)– Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista- UNESP, Ilha Solteira, 2008.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Governo do Estado de São Paulo. **Município Verde Azul Ranking 2011.** [S.l.]: [s.n.], [2011?]. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/munCert2011.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2012.

SINGER, P. A recente ressurreição da economia solidária no Brasil. In: SANTOS, B. de S. (Org.) **Produzir para viver: os caminhos da produção não capitalista.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002. p. 81-126.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística.** 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 410 p.

VALPARAÍSO aqui tem desenvolvimento: a cidade. Valparaíso: Prefeitura Municipal, 2012. Disponível em: <<http://www.valparaiso.sp.gov.br/acidade.html>> Acesso em: 25 jun. 2012.

VASCONCELLOS, O. P. (Coord.). **Kit resíduos.** Curitiba: SEMA, 2006. 184 p.