

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ANÁLISE DO CUSTO-BENEFÍCIO DA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NO RECIFE E JABOATÃO DOS GUARARAPES

LUCIANA DE FIGUEIRÊDO LOPES LUCENA

ORIENTADOR: JOSÉ LAMARTINE TÁVORA JÚNIOR

RECIFE-PE

2004

L935a Lucena, Luciana de Figueirêdo Lopes
2004 Análise do Custo-Benefício da Reciclagem dos Resíduos Sólidos Urbanos no Recife e Jaboatão dos Guararapes/
Luciana de Figueirêdo Lopes Lucena – Recife: UFPE, 2004
293p. il.

Tese (Doutorado em Economia). UFPE/CCSA/PIMES
Inclui bibliografia

1. Valoração ambiental 2. Resíduos Sólidos
3. Reciclagem 4. Análise Econômica I. Título

CDU: 330.15:504.03

LUCIANA DE FIGUEIRÊDO LOPES LUCENA

**ANÁLISE DO CUSTO-BENEFÍCIO DA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NO RECIFE E JABOATÃO DOS GUARARAPES**

Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do grau de Doutor, no PIMES –
Pós-Graduação em Economia da UFPE.

ORIENTADOR: JOSÉ LAMARTINE TÁVORA JÚNIOR

RECIFE-PE

2004

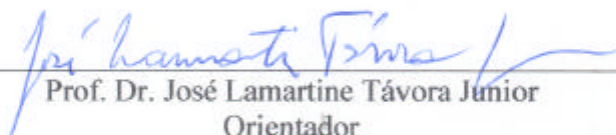
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/ PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DO
DOUTORADO EM ECONOMIA DE

Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

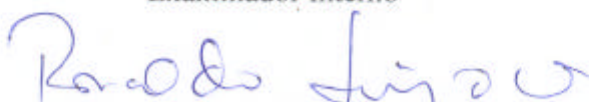
A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a candidata Luciana de Figueiredo Lopes Lucena **APROVADA**.

Recife, 12 / 03 / 2004


Prof. Dr. José Lamartine Távora Junior
Orientador


Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio
Examinador Interno


Prof. Dr. Ecio de Farias Costa
Examinador Interno


Prof. Dr. Ronaldo Serôa da Motta
Examinador Externo/IPEA


Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá
Examinador Externo/Deptº de Eng. Civil da UFPE

À minha mãe Analúcia que sempre esteve com a mão estendida a me amparar, quando eu ameaçava cair.

A meu pai Lucena que sempre tentou me manter focada no meu objetivo.

Aos meus irmãos Lêda Christiane e Adriano Elísio que me ajudaram e toleraram minhas angústias durante este percurso.

Aos meus avós Lêda e Stênio que tentaram aplacar minhas inquietudes sempre com palavras de incentivo, confiança e amor e aos demais familiares que acompanharam de perto todo esse percurso.

Ao Dr. Zito Souza Leão (In memoriam). Mais do que um patrão, foi um grande amigo e um dos maiores incentivadores para a conclusão deste trabalho, sempre disposto a abrir mão do meu trabalho, para que eu pudesse concluir meu curso, e fornecendo todos os meios para tal fim. Tenho certeza de que, onde ele estiver, estará feliz com a concretização deste.

AGRADECIMENTOS

- À Deus pelo dom da persistência.
- A meu orientador José Lamartine Távora Júnior pela orientação, incentivo e apoio constantes durante todo o tempo que passei no PIMES.
- Aos membros da banca de Exame Geral: Francisco Ramos, Yoni Sampaio, Écio Farias e Fernando Dias, pelas valorosas sugestões que me permitiram enriquecer este trabalho.
- À José Stênio de Lucena Lopes pela revisão ortográfica e gramatical deste trabalho.
- À Ana Elisabete Jucá, Assessora Técnica da EMLURB do Recife, por todo apoio recebido durante todo o ano de 2003, sempre solícita e disposta a atender todos os questionamentos que lhe foram solicitados e ao “Véio”, pela memória viva da história da limpeza urbana do Recife.
- À Josias José de Lima, Coordenador de Limpeza Urbana de Jaboatão dos Guararapes por todas as informações fornecidas com solicitude sobre a gestão de resíduos no referido município.
- Às Dras. Rossana Pragana e Fátima Gonçalves especialistas do IPA, pelo fornecimento de todas as informações sobre a compostagem, especificamente pelas informações do seu trabalho na CEASA do Recife.
- À Paulo Rodrigues e Sérgio Posternak da CIV e Stefan David da ABIVIDRO pelas informações sobre a indústria de vidro.
- À Renato Arruda pelas informações sobre a indústria de plástico.
- À Nicomedes Pereira da Alcoa e Marli Chagas da ABAL pelas informações sobre a indústria de alumínio.
- À Luiz Prado por todas as informações prestadas sobre a indústria do papel
- À GERDAU, CSN, CST, CEMPRESA, IBS e METALIC pelas informações sobre a fabricação e reciclagem do aço.
- Aos Trapeiros de Emaús, pela atenção e informações recebidas quando de minha visita ao seu galpão.
- À Caio Duarte e João Salles pelo auxílio na aplicação da Avaliação Contingente.
- Aos colegas Solange Duarte e Helder Moura, da APL-Assessoria e Planejamento Ltda. por todo o apoio recebido durante a realização deste trabalho.
- Aos demais funcionários e colaboradores da APL: Ilka Martins, Cléa, Sr. Max e Sr. Manoel, pelo apoio logístico dado ao longo do meu curso.
- À Lêda Christiane de Figueirêdo Lopes Lucena que me auxiliou durante todo o trabalho, principalmente pela digitação e cotação de preços de todos os equipamentos de reciclagem, uma verdadeira estagiária e irmã.
- A todos os amigos, companheiros de batalha no PIMES, por sempre estarem unidos em todos os momentos ao longo desta jornada.

“A coleta seletiva e a reciclagem têm como aspectos positivos mais atraentes os resultados obtidos nos campos social, educacional e ambiental” (REVISTA LIMPEZA PÚBLICA, pg. 15, n. 51, abril 1999).

*“ Dizei, dentro de vós, a princípio: - que fiz eu pela minha instrução?
Depois, à medida que fordes progredindo: - que fiz eu pela Pátria?
Quem sabe se não tereis, algum dia, a ventura de pensar que, de
algun modo contribuístes para o bem da humanidade?
Pode a vida oferecer-vos, mais ou menos, tais oportunidades. Mas é necessário, quando se
chegar ao fim, ter o direito de dizer: fiz o que pude.” (Pasteur)*

RESUMO

A Gestão dos Resíduos Sólidos tem ocupado uma posição de destaque nas gestões municipais nas cidades do Recife e Jaboatão do Guararapes. A presença de catadores trabalhando diariamente pelas ruas das duas cidades tem chamado atenção da população para uma questão que além de ambiental, também é social.

Este trabalho busca englobar estes dois aspectos aliados ao lado econômico da questão, com o objetivo de realizar uma análise sistêmica sobre toda a cadeia que envolve o processo de geração, tratamento e destinação final nas cidades do Recife e Jaboatão dos Guararapes. A análise foi realizada levando em consideração não apenas os pontos de vista da sociedade como um todo, mas também todos os agentes envolvidos no gerenciamento dos resíduos sólidos.

A metodologia utilizada para realizar esta análise foi a avaliação benefício-custo com um enfoque diferente do tradicional, pois engloba variáveis ambientais e sociais. A mensuração destas variáveis foi realizada a partir de métodos diretos e indiretos de valoração ambiental, amplamente usadas no país e fora dele.

Os resultados alcançados demonstram a viabilidade das atividades de reciclagem nas cidades analisadas. Sob o ponto de vista da sociedade, considerando todos os benefícios e custos incorridos a fim de estabelecer uma adequada destinação final, concluiu-se que o incentivo a prática de atividades como a reciclagem e compostagem, representam uma economia de milhões para o agente. Para tornar a atividade mais atrativa para as recicladoras deve-se procurar alcançar uma redução nos custos do processo das unidades de reciclagem. Esta redução pode ser obtida com um maior incentivo das três esferas de governo, no sentido de conceder isenção ou redução de impostos a fim de tornar as atividades atrativas aos olhos dos investidores.

Destaca-se, pois, a necessidade urgente da participação ativa do governo a fim de garantir a continuidade e prosperidade de atividades tão benéficas e lucrativas para toda a sociedade.

ABSTRACT

Waste disposal management has been considered a major concern in the cities of Recife and Jaboatão dos Guararapes. The daily presence of men, women and children looking for trash in the streets of both cities has been attracted the attention of many urban citizens for an environmental and social question.

This work, aimed to join both aspects and also the economic side of the urban waste problem, with the main propose of realizing a systemic analysis about all of the chain which involves the generation, treatment and final destination processes in the cities of Recife and Jaboatão dos Guararapes. The analysis was carried on considering, not only society as a whole, but also other actors involved in waste management.

The methodology used in the evaluation was the benefit-cost one, with a quite different focalization of the traditional one, because it considers environmental and social variables. The measurement of these variables was done by direct or indirect methods of environmental evaluation, largely used at the country and out of it.

The results that were reach, showed that of the society point of view, considering all of the benefits and costs to establish an adequate final destination, it was concluded that it is necessary to stimulate the practice of recycling and composting material. This will represent an economy of millions to that agent. To make it appealing to the entrepreneurs, one needs to get a process cost reduction. This reduction can be reached if the government (Federal, Estadual and Municipal ones) helps the enterprises by guarantying exemption or reduction of the taxes to make them attractive to investors.

It is obvious the necessity of an effective participation of the government to assure the continuity and prosperity of such good and profitable activity for the whole society.

LISTA DE FIGURAS

2.1	Composição Média dos Tipos de Resíduos Gerados Na Europa.....	12
2.2	Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio.....	26
2.3	Geração de Resíduos Municipais nos E.U.A.....	30
2.4	Geração Per Capita de Resíduos Sólidos Municipais nos E.U.A.....	30
2.5	Composição Gravimétrica dos Resíduos nos E.U.A.....	31
2.6	Existência de Áreas de Disposição Final por Região.....	35
2.7	Disposição Final dos Resíduos (ton/dia).....	36
2.8	Disposição Final dos Resíduos (%).....	37
2.9	População Atendida pela Coleta Seletiva (%).....	41
2.10	Presença de Catadores nos Lixões.....	43
2.11	Participação no Orçamento Municipal de Gastos com Limpeza Urbana.....	45
2.12	Pernambuco: Regiões de Desenvolvimento.....	46
2.13	Composição Gravimétrica dos Resíduos em PE	48
2.14	Abrangência dos Serviços de Coleta nos Municípios Pernambucanos (% de domicílios atendidos).....	49
2.15	Custo Médio do Serviço de Limpeza Urbana em Pernambuco (R\$).....	50
2.16	Geração per capita de Resíduos na Cidade do Recife (Kg/hab/dia).....	57
2.17	Composição Gravimétrica dos Resíduos em Recife.....	58
2.18	Composição Gravimétrica de Recife e Bairros de Classe Média e Alta.....	59
2.19	Quantidade Total Coletada x Coleta Seletiva (t).....	60
2.20	Coleta Seletiva em Recife (t).....	60
2.21	Evolução da Coleta Seletiva no Projeto RecicLAR	62
2.22	Coleta Seletiva Comunitária (Kg).....	64
2.23	Coleta Seletiva de Vidros - Potencial x Coleta da CIV (Kg).....	65
2.24	Coleta Seletiva (PEVs) por Tipo de Material (Kg).....	66
2.25	Coleta Seletiva Total x Trapeiros (Kg).....	67
2.26	Evolução da Geração de Resíduos em Jaboatão dos Guararapes.....	75
3.1	Curvas de Custo Marginal Social e Privado	86
3.2	Etapas da Análise Benefício-Custo.....	90
3.3	Mercado de Sucatas em Pernambuco.....	102
3.4	Venda do Vidro Reciclável.....	106
3.5	Venda do Papel Reciclável.....	107
3.6	Venda do Plástico Reciclável.....	108
3.7	Venda do Aço Reciclável.....	108
3.8	Venda do Alumínio Reciclável.....	109
3.9	Função de densidade acumulada para rejeitar a oferta de y e o valor esperado do EC.....	128
3.10	Vias de Contato do Homem com o Lixo.....	141
4.1	Custo Unitário da Disposição Final.....	212

LISTA DE TABELAS

2.1	Composição dos Resíduos Sólidos Municipais em 1997.....	13
2.2	User-Charges em Países Europeus.....	18
2.3	Sistemas Depósito-Retorno em Países Europeus.....	19
2.4	Composição Percentual de Resíduos.....	22
2.5	Sistemas Depósito-Retorno na América Latina.....	25
2.6	Redução de Geração de Resíduos (1992-2000).....	32
2.7	Geração de Resíduos por Região (2000).....	33
2.8	Abrangências dos Serviços de Coleta nas Regiões Brasileiras – 1981/2002....	34
2.9	Comparação entre Dados do PNSB e Outros.....	38
2.10	Índice de Reciclagem dos Materiais (%)......	40
2.11	Características da População do Estado de Pernambuco.....	47
3.1	População Estimada – Recife e Jaboatão (2002-2012)	94
3.2	Geração de Resíduos no Recife e em Jaboatão dos Guararapes	95
3.3	Equações dos Agentes.....	101
3.4	Composição Gravimétrica.....	104
3.5	Quantidades Totais por Tipo de Material.....	105
3.6	Preços Unitários dos Materiais Reciclados por Agente.....	110
3.7	Quantidade Total Anual Potencialmente Reciclada.....	111
3.8	Preço Unitário do Material Reciclado.....	112
3.9	Custos Unitários de Processo.....	114
3.10	Custos Unitários de Processo.....	114
3.11	Percentual de Redução de Poluição Industrial.....	122
3.12	Valores de Estatísticas Transferidas para o Brasil.....	145
4.1	Investimentos Totais dos Agentes.....	152
4.2	Preços Unitários – Cooperativas	153
4.3	Balanço Econômico com a Venda de Materiais Recicláveis – Cooperativas...	154
4.4	Preços Unitários – Sucateiros....	155
4.5	Balanço Econômico com a Venda de Materiais Recicláveis – Sucateiros.....	156
4.6	Balanço Econômico com a Venda de Materiais Recicláveis – Recicladores....	159
4.7	Balanço Econômico com a Venda de Materiais Recicláveis – Indústrias.....	160
4.8	Balanço Econômico com a Venda de Materiais Recicláveis – Sociedade.....	162
4.9	Preço Unitário do Material Reciclado.....	163
4.10	Venda dos Materiais Reciclados – Recicladoras.....	165
4.11	Venda dos Materiais Reciclados – Indústrias.....	165
4.12	Custos Operacionais das Cooperativas.....	168
4.13	Custos Operacionais dos Sucateiros.....	168
4.14	Custos do Processo das Unidades de Reciclagem e Compostagem.....	169
4.15	Custos Totais do Processo das Indústrias.....	171
4.16	Custos do Processo para a Sociedade.....	171
4.17	Economia de Água por m ³ Alcançada com a Reciclagem do Papel.....	173
4.18	Economia em R\$ de Água Alcançável com a Reciclagem do Papel.....	173
4.19	Economia (R\$) Alcançável com a Economia de Água com o Aço Reciclado .	174
4.20	Economia Total na Utilização de Recursos Hídricos para a Indústria.....	174
4.21	Ganhos Totais em R\$ com a Economia de Energia Elétrica.....	176
4.22	Economia de Bauxita.....	179
4.23	Economia Total de Matéria-Prima do Vidro – Ano I	180
4.24	Economia de Matéria-Prima do Vidro.....	181

4.25	Economia com a Matéria-Prima do Papel.....	183
4.26	Preço das Resinas Termoplásticas.....	185
4.27	Economia com Resinas.....	187
4.28	Economia com Ferro-Gusa.....	187
4.29	Ganhos Totais para a Indústria e a Sociedade.....	187
4.30	Economia nos Gastos com Controle Ambiental.....	189
4.31	Economia com Controle Ambiental para a Indústria e Sociedade.....	190
4.32	Economia com Controle Ambiental com a Reciclagem do Aço.....	191
4.33	Ganhos Totais com Controle Ambiental.....	191
4.34	Sexo x Grau de Instrução dos Entrevistados	193
4.35	Profissão dos Entrevistados - % da Amostra	194
4.36	Ciência da Cobrança da Taxa de Limpeza Pública	195
4.37	Conhecimento sobre Programas de Reciclagem	195
4.38	Prática de Reciclagem por Grau de Instrução	196
4.39	Opinião dos Entrevistados sobre o Serviço de Coleta Segundo o Grau de Instrução	197
4.40	Opinião sobre a Coleta Segundo o Tipo de Serviço Recebido	197
4.41	Tipo de Serviço de Coleta Recebido pelo Entrevistado Segundo seu Grau de Instrução	198
4.42	DAP pela Qualidade Ambiental por Grau de Instrução	199
4.43	DAP Positiva por Profissão do Entrevistado	199
4.44	Motivos Alegados pela População para DAP Negativa	200
4.45	Resultados Econômicos para a DAP Manifestada	201
4.46	Resultados Econômicos para a DAP Verdadeira.....	202
4.47	Estatísticas Básicas	203
4.48	Benefícios Resultantes da Melhoria na Qualidade Ambiental.....	205
4.49	Profissão dos entrevistados que Apresentaram uma DAP Positiva	207
4.50	Motivos para a DAP Negativa.....	207
4.51	Resultados Econômicos para a DAP Manifestada	208
4.52	Resultados Econômicos para a DAP Verdadeira.....	208
4.53	Estatísticas Básicas	209
4.54	Benefícios para a Sociedade pelo Aumento na Geração de Empregos	209
4.55	Custos Totais com Coleta no Recife e em Jaboatão dos Guararapes.....	211
4.56	Economia com Coleta no Recife e em Jaboatão.....	212
4.57	Economia com Disposição Final.....	213
4.58	Economia Total das Prefeituras do Recife e de Jaboatão	213
4.59	Custos com Coleta Seletiva.....	214
4.60	Receita das Prefeituras (R\$).....	215
4.61	Incidência(P/ 600.000 hab) de Doenças Relacionadas ao Lixo.....	216
4.62	Gastos Hospitalares por Doenças Relacionadas ao Lixo.....	216
4.63	Custos Evitados em Doenças Relacionadas ao Lixo.....	217
4.64	Gastos Ambulatoriais.....	218
4.65	Custos com os Dias Parados.....	218
4.66	Custo Das Doenças.....	219
4.67	Disposição a Pagar para Reduzir o Risco de Doença.....	219
4.68	Redução com os Custos de Morbidade e Mortalidade para os Agentes.....	221
4.69	Balanço Econômico para o Agente Prefeitura.....	223
4.70	Balanço Econômico para o Agente Indústrias	223
4.71	Balanço Econômico para o Agente Cooperativas	224
4.72	Balanço Econômico para o Agente Sucateiros	224

4.73	Balanço Econômico para o Agente Unidades de Reciclagem	225
4.74	Balanço Econômico para o Agente Sociedade	226
4.75	Variação de 5% na Tarifa de Energia Elétrica	233
4.76	Variação de 10% no Valor da Tarifa de Água	234
4.77	Variação nos Níveis de Investimento – 10%	235
4.78	Variação nos Níveis de Investimento – 20%	236
4.79	Variação nos Custos do Processo	237
4.80	Variação na Incidência de Doenças	238
4.81	Mudança na Tecnologia de Compostagem dos Resíduos	239
4.82	Mudanças nos Percentuais Considerados para Cada Empresa	240
4.83	Implantação de Unidades de Reciclagem pelas Prefeituras Municipais	241
A.1	Móveis e Utensílios.....	269
A.2	Gastos com Infra-estrutura.....	269
A.3	Máquinas e Equipamentos.....	269
A.4	Investimentos.....	270
A.5	Móveis e Utensílios.....	272
A.6	Gastos com Infra-estrutura.....	272
A.7	Investimentos.....	273
A.8	Gastos com Infra-estrutura.....	276
A.9	Máquinas e Equipamentos.....	277
A.10	Investimentos.....	277
A.11	Obras e Instalações.....	279
A.12	Equipamentos.....	279
A.13	Investimentos.....	280
A.14	Gastos com Infra-estrutura.....	283
A.15	Máquinas e Equipamentos.....	283
A.16	Investimentos.....	284
A.17	Gastos com Infra-estrutura.....	287
A.18	Máquinas e Equipamentos.....	288
A.19	Investimentos.....	288
A.20	Gastos com Infra-estrutura.....	290
A.21	Máquinas e Equipamentos.....	290
A.22	Investimentos.....	291

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	8
2.1	A Gestão de Resíduos Sólidos na Europa.....	10
2.2	A Gestão de Resíduos Sólidos na América Latina e Caribe.....	20
2.3	A Gestão de Resíduos Sólidos no Japão.....	25
2.4	A Gestão de Resíduos Sólidos na África do Sul.....	28
2.5	A Gestão de Resíduos Sólidos nos Estados Unidos	29
2.6	A Situação da Gestão de Resíduos no Brasil.....	33
2.7	A Gestão de Resíduos no Estado de Pernambuco.....	46
2.8	A Gestão de Resíduos na Cidade do Recife.....	52
2.9	A Gestão de Resíduos no Município de Jaboatão dos Guararapes.....	74
2.10	Considerações Finais.....	76
3	METODOLOGIA	80
3.1	Aspectos Teóricos	84
3.2	Metodologia Utilizada	88
3.3	O Modelo	89
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	150
4.1	Valoração das Variáveis	151
4.2	Aplicação dos Métodos do Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno	222
4.3	Análise de Sensibilidade	227
4.4	Aspectos Legais, Econômicos e Políticos da Gestão dos Resíduos	242
4.5	Considerações Finais	252
5	CONCLUSÃO	253
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	258
	APÊDICE A – INVESTIMENTOS.....	266

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

A todo o momento, os seres vivos estão produzindo algum tipo de rejeito. De acordo com Phillippi Jr. (1979), a partir do momento em que o homem começou a se estabelecer em determinados locais, preferindo se fixar, com o conseqüente abandono da vida nômade, novas situações em relação aos resíduos sólidos foram criadas pela alteração introduzida em seus hábitos de vida. Em anos idos da Idade Média, os rejeitos eram jogados em locais distantes dos centros urbanos, a céu aberto, em cursos d'água, ou eram enterrados ou queimados.

A Revolução Industrial implicou em uma mudança nos padrões de consumo de toda a sociedade. Esta variação foi provocada principalmente pelas inovações tecnológicas trazidas pela Revolução. O emprego de novas tecnologias permitiu uma maior produtividade das empresas que deixaram a produção artesanal e se tornaram fabris. As novas máquinas e equipamentos propiciaram o aumento nos volumes de peças produzidas e conseqüentemente o aumento no consumo. O desenvolvimento destas novas tecnologias e o aumento no consumo provocaram o surgimento de vários tipos de resíduos: domiciliares, agrícolas, hospitalares, industriais, etc.

O processo de urbanização e a revolução industrial modificaram a composição dos rejeitos produzidos. A matéria orgânica, predominante até então, passou a dividir espaço com outros tipos de materiais diversos, os quais não se decompunham com tanta facilidade. Além da diversificação na composição dos resíduos, tais processos resultaram ainda em um aumento no consumo, acarretando, conseqüentemente, uma elevação na geração de resíduos na maioria dos países.

A evolução das políticas públicas reguladoras referentes à limpeza urbana apresentou fases distintas. Conforme atesta a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano 2000, no caso do Brasil, as políticas governamentais para o setor de saneamento básico, principalmente até a década de

1960, foram caracterizadas por medidas esporádicas e localizadas. Entre os anos de 1964 e 1985 a centralização esvaziou a atuação do Estado, o qual se tornou um mero gestor da política central. O Banco Nacional de Habitação (BNH) era o gestor de recursos do setor de saneamento básico. Vale ressaltar que, na década de 1970, toda política voltada ao setor era dirigida para o abastecimento de água, ficando a drenagem urbana, esgotamento sanitário e limpeza urbana relegados a segundo plano.

No referido período, o problema relativo aos resíduos sólidos considerava ainda a visão predominante na época de que os recursos seriam inesgotáveis, gerando grandes problemas que, em geral, diziam respeito à forma de destinação final dos resíduos. A forma mais freqüente de destinação era e ainda é, no caso do Brasil, a disposição a céu aberto. Com o crescimento dos centros urbanos e esgotamento das áreas de disposição, os terrenos onde os resíduos são despejados, estão sendo localizados cada vez mais próximos das comunidades urbanas, acarretando a necessidade de um maior controle e tratamento.

Entretanto, a precariedade do atendimento deste tipo de serviço por parte dos municípios, resultante da falta de investimentos no setor, tem-se feito sentir nas taxas de mortalidade infantil e na deterioração sanitária de muitas localidades. Segundo a AGENDA 21, aproximadamente 5,2 milhões de pessoas – incluindo quatro milhões de crianças – morrem por ano de doenças relacionadas com o lixo uma vez que metade da população urbana nos países em desenvolvimento não tem serviços de despejo de lixo sólido. Ainda de acordo com a AGENDA 21, estima-se que o volume de lixo produzido deverá quadruplicar até o ano 2025.

De fato, tomando-se como referência o Brasil, segundo estatísticas do IBGE, a geração de lixo passou de 98.000 toneladas diárias em 1991, para 228.000 toneladas de lixo urbano gerado diariamente em 2000. Isto significa que, atualmente, cerca de oitenta milhões de toneladas de resíduos são geradas anualmente no país.

Diante destes fatos, nos anos mais recentes, sobretudo a partir do final da década de 1970, as questões relativas ao saneamento básico e, em especial, aquelas ligadas à gestão de resíduos começaram a ser objeto de uma maior atenção da sociedade e dos governantes. Ficou clara a necessidade de se tomarem providências no sentido de solucionar os problemas existentes nos locais de disposição, geralmente vazadouros a céu aberto que causam a poluição do solo, da água e do ar, bem como de reduzir o volume crescente de resíduos destinados a lixões e aterros.

Os resíduos sólidos representam o melhor exemplo e a propícia oportunidade para a formulação de políticas públicas minimizadoras preventivas. Há tímidas iniciativas e, não raro, descontinuidade de políticas públicas, provavelmente por questões ideológicas e, principalmente, partidárias que criam o círculo vicioso que acaba por culpar a vítima, no caso a própria população, à qual os serviços se destinariam (JACOBI *apud* OLIVEIRA, 2002).

Particularmente na última década, tem havido maior preocupação da comunidade acadêmica e científica acerca dos problemas causados pelo lixo. Esta preocupação ocorre, principalmente, entre os profissionais ligados às áreas de saneamento e geotecnia ambiental. Na sua maioria, os estudos realizados no país têm sido relacionados principalmente aos aspectos técnicos que envolvem as principais tecnologias de disposição e tratamento dos resíduos sólidos gerados diariamente.

No campo da economia, alguns esforços têm sido concentrados no país no sentido de garantir uma abordagem econômica à questão dos resíduos sólidos. Motta & Sayago (1998) abordaram o tema por meio de um estudo sobre possíveis instrumentos econômicos a serem aplicados, a fim de promover a reciclagem no país. Já foram realizadas algumas teses de mestrado e doutorado que abrangeram os aspectos econômicos. Calderoni (1999) evidenciou a viabilidade econômica da reciclagem do lixo a partir da mensuração dos ganhos que cada agente envolvido com a atividade poderia obter, no Município de São Paulo.

O trabalho realizado por Valverde (1995) estudou as alternativas de recuperação de energia, através do tratamento dos resíduos sólidos domiciliares. Ela aplicou a avaliação econômica e a análise energética às alternativas de aterro sanitário, incineração e reciclagem com compostagem para o Município do Rio de Janeiro. Já Oliveira (2002) apresentou um novo modelo para gerenciamento de resíduos para o município do Rio Grande, de acordo com as tendências da Política Nacional de Resíduos Sólidos que tramitava no Congresso Nacional, com a experiência do município com os lixões e a coleta seletiva.

No Estado de Pernambuco, e mais especificamente para o município do Recife, existem alguns trabalhos que abordam o aspecto econômico das formas de tratamento e disposição dos resíduos, como o trabalho desenvolvido por Maciel (2002), que avaliou economicamente a implantação de aterros com aproveitamento energético para o Estado. No referido Estado, a principal forma de disposição ainda é o vazadouro a céu aberto. O Estado possui apenas nove aterros, sendo um sanitário, no município de Caruaru, e oito aterros controlados. A cidade do Recife conta com um aterro controlado, o Aterro da Muribeca, que, paulatinamente, está sendo transformado em aterro sanitário. Este aterro, entretanto, localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, já conta com dezoito anos de utilização, sendo o único local de disposição dos resíduos do Recife e de Jaboatão.

Cerca de três mil toneladas diárias de resíduos são depositadas pelos dois municípios. Para solucionar o problema de espaço, dado o seu tempo de utilização têm sido propostas diversas alternativas. Entre estas, já está sendo empregada a utilização de vias de circulação por onde passam os caminhões de depósito, o que trará uma sobrevida de cerca de dez anos ao aterro. Paralelamente, a Prefeitura do Recife já dispõe de uma área de 80 ha adjacente ao aterro que poderá ser utilizada em um futuro próximo.

Percebe-se, portanto, que o problema de disposição dos resíduos das cidades do Recife e de Jaboatão é grande e urge uma solução para esta questão. Uma possível alternativa que

vem sendo estimulada na maioria dos países seria a minimização dos resíduos. Tal redução poderia ser obtida, por exemplo, através da adoção de técnicas de reciclagem e compostagem.

Porém, atualmente, a reciclagem vem sendo incentivada com um apelo puramente ambiental e educacional. Para muitos, a reciclagem – e aí está incluída a reciclagem de matéria orgânica (compostagem) – não se justifica economicamente. Esta inviabilidade seria devida aos altos custos operacionais que a alternativa apresenta como, por exemplo, os custos com coleta seletiva.

Entretanto, este tipo de avaliação não considera que os custos podem ser reduzidos, e até mesmo sobrepostos, ao se levarem em conta fatores como a redução do consumo de energia, melhoria da saúde da população, economia de matéria-prima, entre tantos outros benefícios ambientais que podem ser obtidos com a diminuição da quantidade de resíduos a ser disposta no Aterro da Muribeca.

O presente estudo visa então a preencher uma lacuna existente nos estudos que abordam o tema dos resíduos sólidos no Estado e mais especificamente nos municípios de Recife e de Jaboatão dos Guararapes, através de uma avaliação econômico-ambiental diferenciada para os agentes da sociedade envolvidos com o problema, sobre as formas de tratamento e disposição final (aterro, reciclagem e compostagem) no município do Recife. É demonstrado neste trabalho que atividades como a reciclagem e a compostagem podem ser economicamente viáveis, caso sejam incorporadas nas análises os diversos benefícios, provocados pela utilização das mesmas.

O ineditismo do presente estudo consiste na utilização de uma abordagem de avaliação multidisciplinar que abrange não só os diferentes atores da sociedade, mas a forma como cada um percebe o seu meio. Esta percepção será incorporada ao estudo através da valoração que, além de incluir os aspectos econômicos tradicionais traduzidos nos custos operacionais e nos

custos de fatores como a energia e a matéria-prima, incorporarão também aspectos ambientais ligados à poluição do ambiente.

O principal objetivo deste trabalho será, pois, avaliar se a reciclagem e a compostagem são economicamente viáveis sob o ponto de vista dos diversos atores da sociedade, para atuarem como sistemas alternativos ao Aterro da Muribeca para a disposição e tratamento dos resíduos das cidades do Recife e Jaboatão dos Guararapes.

Em um nível mais específico, visa-se valorar economicamente os benefícios tangíveis e intangíveis alcançados através da reciclagem na cidade do Recife e em Jaboatão dos Guararapes, contribuindo assim para que as questões acerca da reciclagem e compostagem ocupem definitivamente o seu devido lugar nas discussões sobre a gestão dos resíduos no Estado de Pernambuco, mais especificamente para as cidades do Recife e de Jaboatão dos Guararapes.

CAPÍTULO 2

A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão de resíduos sólidos tem evoluído de forma diferenciada nos Continentes. Os países desenvolvidos estão vários passos à frente, no que se refere à gestão dos resíduos, em comparação com os países menos desenvolvidos. Nos primeiros, o gerenciamento de resíduos sólidos já passou por três fases.

A primeira fase que prevaleceu até o início da década de 1970, evidenciou apenas a disposição dos resíduos. Os lixõesⁱ existentes na década de 1960 na maioria dos países da Europa Ocidental foram transformados em aterros sanitáriosⁱⁱ e parte dos resíduos passou ainda a ser encaminhada à incineraçãoⁱⁱⁱ. Entretanto, como não havia qualquer política restritiva à geração de resíduos, ocorreu um crescimento excessivo no seu volume, proporcional à expansão do consumo, forçando, assim, o início da segunda fase. Nesta, a recuperação e reciclagem^{iv} dos materiais foram consideradas metas prioritárias na política de gestão de resíduos. A reciclagem levou a um crescimento mais lento no consumo dos recursos naturais e no volume dos resíduos a ser disposto. A partir do final da década de 1980, foram estabelecidas novas prioridades em relação à gestão de resíduos sólidos. A ênfase à reciclagem cedeu lugar ao incentivo à reutilização dos materiais.

Desta forma, busca-se, no momento, a redução do volume de resíduos desde o início do processo produtivo, inclusive com o reaproveitamento energético dos resíduos por meio de incineradores. De acordo com Brollo & Silva (2000), as diretrizes prioritárias, atualmente, das políticas de gestão de resíduos são: evitar ou, nos casos em que não for possível, diminuir a produção de resíduos; reutilizar ou, quando não for possível, reciclar resíduos; utilizar a energia contida nos resíduos; e tornar inertes os resíduos antes da disposição final. Países como a Alemanha, E.U.A e Japão, encontram-se nesta última fase. Já os países menos desenvolvidos, como os da América Latina, por exemplo, encontram-se em posições intermediárias entre a primeira e a segunda fases.

Existe uma certa diferenciação no que se refere às formas de destinação final e, principalmente, quanto à composição dos resíduos sólidos em cada país. Os países mais desenvolvidos têm apresentado, em geral, um percentual menor de resíduos orgânicos e maiores índices de materiais recicláveis, em comparação aos países menos desenvolvidos.

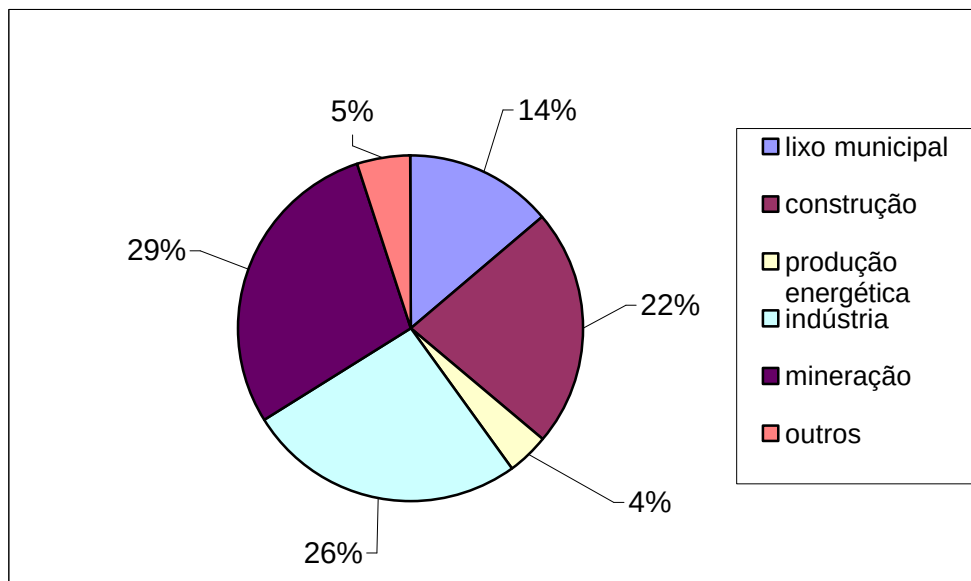
Apesar das divergências existentes entre os diversos países, uma análise mais detalhada, acerca da evolução da composição dos resíduos e políticas ambientais empregadas internacionalmente, pode servir como referência para a proposição de políticas públicas relativas à gestão de resíduos em países que ainda estão iniciando o processo, como é o caso do Brasil. Diante da aludida importância, apresenta-se, a seguir, o estado atual da gestão de resíduos sólidos em diversas partes do mundo.

2.1 – A Gestão de Resíduos Sólidos na Europa

O continente europeu, formado por 48 nações, com uma população de aproximadamente 745.000.000 de habitantes, dos quais 74% residentes em áreas urbanas tem como um dos maiores problemas ambientais, ao longo das últimas décadas, um aumento significativo na produção de resíduos. A Comissão Europeia (2000) estima que a Europa produza cerca de dois bilhões de toneladas de lixo anualmente. Entre os anos de 1990 e 1995, por exemplo, houve um aumento de, aproximadamente, 10% no volume total de resíduos produzidos na Europa (European Environmental Agency - EEA, 1999). Nos países europeus pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), este aumento foi da ordem de 11%. Segundo dados da Comissão Europeia (2000), mais de quarenta milhões de toneladas destes resíduos podem ser classificados como perigosos^v.

Os países da União Européia têm produzido menos lixo per capita do que os países da Europa Central e da Oriental. No ano de 1995, por exemplo, a sua produção superava em 2,5 vezes a geração de resíduos nos países da União Européia. Em termos de geração per capita, a média na União européia foi de 3,5 toneladas em detrimento às oito toneladas dos países da Europa Central e Oriental. Esta diferença no volume gerado entre os países deve-se principalmente à geração de resíduos industriais. Presume-se que esta quantidade excessiva de lixo gerado se deva principalmente à geração industrial. Nos países da União Européia, principalmente naqueles pertencentes a OECD, não há uma geração significativa de resíduos provenientes da produção de material primário (alumínio, aço, vidro, cimento), uma vez que estes importam materiais e também energia da Europa Central e Oriental. Assim, a razão produção/consumo nos países da Europa Central e Oriental é cerca de quatro vezes maior que a média dos demais países europeus.

Nos últimos anos, entretanto, tem havido uma diminuição da diferença entre os índices de geração dos países membros da União Européia e OECD e os países da Europa Central e Oriental. De um lado as transformações econômicas e políticas e o aumento na eficiência do processo produtivo através da modernização e substituição da tecnologia nos países das Europas Central e Oriental tendem a diminuir a geração nestes. Por outro lado, a geração de resíduos tem acompanhado o crescimento econômico nos países da União Européia, tornando impossível o crescimento sem a geração de sérios problemas de lixo. A Figura 2.1 apresenta a composição percentual do tipo de resíduos gerados, em média, nos países europeus.



Fonte: EEA, 2002

Figura 2.1 – Composição Média dos Tipos de Resíduos Gerados na Europa

A maior parte dos resíduos gerados na Europa são provenientes das atividades produtivas, tais como mineração, indústria, construção e produção de energia. A redução no volume de lixo gerado por estas atividades provoca, conseqüentemente, uma redução no volume de lixo total.

Considerando-se apenas a geração de resíduos sólidos municipais, a União Européia, no ano de 1995, produziu 55% mais resíduos per capita do que os Países da Europa Central e Oriental. Enquanto a média na União Européia foi de 505kg/hab, nos demais países este valor médio não excedeu os 325kg/hab (DHV, 2001). A EEA estimou que, atualmente, esta diferença gira em torno de 40%.

A composição média dos resíduos varia de um país para outro, devido principalmente a diferenças locais (consumidor, região, país), temporais e sócio-econômicas. Entretanto, existem algumas tendências comuns à maioria deles. Os resíduos orgânicos e de papel, juntos, correspondem a mais de 50% do lixo gerado em países europeus (Tabela 2.1). De acordo com a OECD (1993), os resíduos de embalagem também apresentam uma importância

significativa na composição dos resíduos municipais. Nos países membros, estima-se que, de 25% a 50% do lixo municipal seja composto deste tipo de resíduo, o qual também apresenta proporções significativas, em se tratando de resíduos industriais e comerciais. Em Paris, por exemplo, desde o ano de 1948, o descarte de papel, vidro, metal e plástico aumentou de 13,5% para 61,8%.

Tabela 2.1 – Composição dos Resíduos Sólidos Municipais na Europa em 1997

(% do Total por tipo de Material)

<i>País</i>	<i>Papel e Papelão</i>	<i>Material Orgânico</i>	<i>Plástico</i>	<i>Vidro</i>	<i>Metal</i>	<i>Têxteis e Outros</i>
Áustria	27	27	18	8	7	13
Bélgica	16	37	7	7	4	29
Dinamarca	20	47	5	4	2	24
Finlândia	26	32	-	6	3	35
França	25	29	11	13	4	18
Alemanha	41	23	3	22	8	3
Grécia	20	47	9	5	5	16
Irlanda	33	29	9	6	3	20
Itália	27	32	8	8	4	23
Luxemburgo	19	44	8	7	3	20
Holanda	27	39	5	6	2	20
Portugal	23	35	12	5	3	23
Espanha	21	44	11	7	4	13
Suécia	44	30	7	8	2	9
Reino Unido	37	19	10	9	7	18
República Tcheca	8	18	4	4	2	64
Hungria	19	32	5	3	4	36
Polônia	10	38	10	12	8	23
República Eslovaca	15	28	10	6	9	32

Fonte: Comissão Européia, 2000

Em geral, os rejeitos gerados na Europa são dispostos em aterros ou são encaminhados à incineração e reciclagem. A disposição em aterros vem sendo paulatinamente substituída por outras formas de tratamento. De acordo com a Diretiva Européia, aprovada em 1996, esta seria apenas a última forma de disposição tolerada para os países membros. Apesar da prevenção européia com relação aos aterros e dos esforços para aumentar os níveis de

reciclagem e incineração, pouca mudança tem havido neste sentido no Continente. De acordo com a EEA (1999), a proporção de resíduos municipais que foi disposta em aterros no ano de 1995 (67%), permanece praticamente inalterada desde meados da década de 1980. No ano de 1990, por exemplo, 64% dos resíduos foram dispostos em aterros. Nos Países da Europa Central e Oriental, este volume atinge um valor próximo aos 84%. Apenas 6% dos resíduos foram encaminhados para incineração. De fato, embora países como Holanda, Noruega e Itália tenham reduzido o volume de resíduos biodegradáveis dispostos em aterros, outros países como o Reino Unido, Irlanda e Finlândia aterram ainda mais.

Um dos fatores preponderantes para a continuidade das atividades de disposição em aterros sanitários são os preços de construção e operação. Tanto nos países da União Européia, quanto nos países da Europa Central e Oriental, os custos de aterramento são muito menores do que os custos de outras tecnologias, como, por exemplo, a incineração. De acordo com DHV (2001), a menos que outros regulamentos sejam impostos, os mecanismos de mercado irão direcionar os resíduos para o aterramento, em vez de outras opções de tratamento, como reciclagem, compostagem e incineração, agindo, deste modo, em direção oposta à estratégia oficial da Comunidade. As causas das diferenças correntes de tratamento na região devem ser eliminadas através de medidas regulatórias ou utilizando instrumentos econômicos.

Para desacelerar o processo de geração de resíduos, tem sido prática comum entre os europeus, a elaboração de estratégias de gerenciamento. Na década de 1960, época em que se percebeu a necessidade de algum tipo de controle sobre a geração de resíduos, teve início a primeira fase do gerenciamento de resíduos sólidos, quando os governantes instituíram normas para a coleta e tratamento do lixo municipal. Os demais tipos de resíduos não considerados como causadores de problemas ambientais de maiores proporções eram transferidos para lixões.

Em um segundo estágio de desenvolvimento, os governos se responsabilizaram pelo estabelecimento de facilidades para viabilizar a reciclagem. Na década de 1980, a descoberta de impactos ambientais causados pela coleta^{vi}, transporte e tratamento do lixo levou ao desenvolvimento e implantação de regulamentos de gerenciamento de resíduos, introduzindo-se, assim, esquemas de coleta. Desde a década de 1990 até o presente momento, os regulamentos europeus têm sido orientados em direção ao gerenciamento específico de cada tipo de resíduo. Nos países que possuem sistemas de gestão mais desenvolvidos, os governos locais são responsáveis pela exigência de reciclagem para todos os tipos de resíduos.

A União Européia procurou centrar a gestão de seus resíduos na determinação dos seguintes princípios:

- “1 – Princípio da Prevenção: É necessário minimizar e prevenir, sempre que possível, a produção de resíduos.
- 2 – Responsabilidade do Produtor e Princípio do Poluidor-Pagador: Quem produz os resíduos ou polui o ambiente, deve pagar a totalidade dos custos das suas ações.
- 3 – Princípio da precaução: É necessário prever potenciais problemas.
- 4 – Princípio da proximidade: Os resíduos devem ser eliminados, o mais próximo possível, do local onde são produzidos (Comissão Européia, 2000)”.

Visando a orientação do planejamento dos sistemas de gestão de resíduos, a União Européia idealizou uma estrutura hierárquica para a gestão de resíduos urbanos composta de três níveis.

- Minimização: Busca a redução de resíduos industriais e a apresentação de produtos à população que gerem um mínimo de resíduos ao final da cadeia produtiva.

- Reutilização: Considerada como extensão da minimização, promove a reutilização de resíduos, recuperação de energia e utilização de combustíveis derivados de resíduos.
- Reciclagem: Tal prática reduz o volume de resíduos dispostos em aterros, minimizando, também, o volume de matéria-prima necessária aos diversos processos produtivos.

Para atingir as metas definidas com base nos princípios e estrutura hierárquica apresentados, a Comissão Europeia definiu, no ano de 1994, algumas diretivas relativas a operações de eliminação de resíduos. Como exemplo, cita-se o caso dos resíduos de embalagem. Para estes, foram definidas diretivas que obrigavam o reaproveitamento de, pelo menos 80%, dos resíduos em peso e a reciclagem de 25% a 45% deles. A exemplo das embalagens, foram propostas diretivas com relação a pilhas, resíduos elétricos e eletrônicos, veículos em fim de vida, resíduos domésticos perigosos, entre outros.

A utilização de Instrumentos Econômicos na gestão dos resíduos sólidos tem se tornado uma importante ferramenta em toda a Europa, para auxiliar o cumprimento das diretivas. Ultimamente, as estratégias de comando-controle têm sido abandonadas e têm-se incentivado a utilização de instrumentos mais orientados para o mercado.

Um dos instrumentos mais utilizados na Europa são as taxas de disposição. Com o objetivo principal de gerar receitas para disposição e tratamento, este tipo de taxa é aplicada em resíduos municipais perigosos ou não. Nos países da União Europeia, o principal objetivo com a utilização deste tipo de instrumento é a redução do volume total de resíduos. Neste caso, diferentes tipos de resíduos são sujeitos a diferentes taxas, as quais, por sua vez, são diferenciadas de acordo com o tipo de disposição. Países como a Finlândia (resíduos municipais), França (aterros e resíduos industriais tratados), Dinamarca (aterros, incineração com ou sem recuperação de energia), Áustria (resíduos perigosos e não perigosos), entre

outros, utilizam este tipo de taxa. No caso do Reino Unido, estabeleceu-se uma meta de reciclagem a ser atingida até o ano 2000 de 50%. Para tanto, o país implementou créditos de reciclagem e considerou ainda a aplicação de uma taxa de disposição em aterros. Tais medidas, entretanto, não foram suficientes para que o país cumprisse as metas traçadas.

Outro tipo de instrumento muito utilizado é o denominado “user charge”, onde o usuário é taxado por unidade de volume disposto. Vários países da Europa, como a Bélgica, Finlândia, França, Alemanha e Itália, utilizam algum tipo de taxa ao usuário. Segundo Kinnaman & Fullerton (1999), o Reino Unido rejeitou a idéia de utilizar este tipo de taxa, devido à incerteza de seus efeitos. A Tabela 2.2 apresenta as taxas sobre os usuários em diversos países da Europa. As taxas médias da União Européia, em geral, são maiores que as dos países da Europa Central e Oriental. Entre os países da União Européia, os valores variam de 10 Euro/ton a 100 Euro/ton.

Os sistemas depósito-retorno são outro tipo de instrumento muito utilizados, cuja aplicação tem crescido nos últimos anos. Fullerton & Wolverton (1997), Kinnaman & Fullerton (1999) e Stavins (2000) comentaram a respeito do aumento da utilização de sistemas depósito-retorno existentes na Europa. A maior parte destes sistemas na Europa se referem a embalagens de bebidas. Fullerton & Wolverton (1997) afirmam que as taxas de retorno variam entre 40% e 100%, dependendo do país e do tipo de embalagem. A Tabela 2.3 apresenta alguns sistemas depósito-retorno em vigor em países da Europa.

Tabela 2. 2 – User-charges em Países Europeus

<i>País</i>	<i>Taxa (EURO)</i>	<i>Observações</i>
Áustria	53/hab por ano	As taxas variam de município a município.
Bélgica	68-83/ton	Taxa parcialmente livre em alguns municípios, em outros baseada no volume.
Bulgária	Não é baseado no lixo gerado	Taxas atribuídas de acordo com o valor das propriedades
Dinamarca	182/família/ano	Taxa atribuída por autoridades locais.
Estônia	16-43	Depende do município e tipo de container.
Alemanha	35-100/ton	De acordo com o número de pessoas.
Finlândia	67/ton	Baseado na qualidade do serviço.
França	116/ton	Aumento anual de 7%.
Grécia	6-15/ton	
Irlanda	2,5	Diferentes esquemas entre os municípios.
Itália	28-95/hab/ano	Depende do tamanho da região.
Luxemburgo		Taxa fixa ou baseada em volume.
Noruega	24-121/cons/ano	
Holanda	75/ton	Taxa fixa anual.
Portugal	6-15/ton	
Espanha	15-30/ton	Depende da qualidade do serviço.
Suécia	102/ano	Taxa fixa por consumidor.
Suíça		Taxa fixa na maioria dos municípios.
Reino Unido	18-33/ton	
República Tcheca	15-20	Atribuídas de acordo com os custos, frequência dos serviços, tipo de containeres, etc.
Hungria	7-25	Depende do tamanho do container e frequência do serviço.
Lituânia	8-30	Depende do prestador de serviço e municípios.
Romênia	9/hab/ano	
Eslováquia	7-9	Depende da frequência do serviço e tamanho do container.
Polônia	22-80	
Eslovênia	19-75	

Fonte: Stavins (2000) e DHV (2001)

Tabela 2.3 – Sistemas Depósito-Retorno em Países Europeus

<i>País</i>	<i>Número de Sistemas Depósito/Retorno</i>	<i>Itens</i>
Áustria	3	Latas de metal, embalagens plásticas, garrafas de vidro.
Bélgica	1	Garrafas de vidro.
Dinamarca	2	Embalagens plásticas, garrafas de vidro.
Estônia	1	Garrafas de vidro.
Finlândia	2	Embalagens plásticas, garrafas de vidro.
França	1	Garrafas de vidro.
Alemanha	3	Embalagens plásticas, garrafas de vidro, embalagens.
Grécia	1	Sucatas de carro.
Irlanda	2	Embalagens plásticas, garrafas de vidro.
Holanda	2	Embalagens plásticas, garrafas de vidro.
Noruega	3	Embalagens plásticas, garrafas de vidro, sucatas de carros.
Portugal	1	Latas de metal, embalagens plásticas, garrafas de vidro.
Suécia	4	Sucatas de carros, latas de metal, garrafas plásticas e de vidro.
Suíça	1	Garrafas de vidro .

Fonte: DHV 2001 e Stavins 2000

Na Dinamarca, desde o ano de 1984, os refrigerantes e cervejas só podem ser vendidos em embalagens recicláveis. As embalagens de metal são proibidas. Entretanto, bebidas importadas podem ser vendidas em embalagens não aprovadas, mas, neste caso, um depósito-retorno é obrigatório. A Holanda possuía um sistema deste tipo apenas para garrafas PET e de vidro. Em 1992, o governo obrigou o retorno obrigatório de baterias, refrigeradores, latas de alumínio e óleo (KINNAMAM & FULLERTON, 1999).

Já a Noruega possui sistemas depósito-retorno para carros usados. A taxa de retorno desse sistema é superior a 90%. Acredita-se que o sucesso do sistema se deva a um reembolso maior para os consumidores, quando estes retornam os carros usados às sucatas. A Suécia, que implantou um sistema similar, não obteve o mesmo êxito com o sistema depósito-retorno sobre carros usados. Apesar do governo sueco ter tentado obter uma taxa de retorno de cerca de 75%, não conseguiu alcançar o resultado esperado (STAVINS, 2000).

A Alemanha instituiu sistemas depósito-retorno desde o ano de 1969, quando estabeleceu obrigatoriedade de retorno para óleos lubrificantes. O país instituiu ainda, a exemplo da Dinamarca, um complexo sistema para latas e garrafas plásticas de cerveja, água e refrigerantes. Este sistema, entretanto, vem enfrentando problemas junto à Comissão Européia. A entidade pediu a suspensão do sistema alemão, até que o governo apresente um plano condizente com o regulamento da União Européia sobre direitos do consumidor, por acreditar que as restrições impostas pelo sistema violariam as regras de competição no bloco e impediriam a entrada de fabricantes e companhias de reciclagem estrangeiros (STAVINS, 2000).

2.2 – A Gestão de Resíduos Sólidos na América Latina e Caribe

A gestão dos resíduos sólidos nos países da América Latina e Caribe têm evoluído lentamente ao longo dos últimos anos. Embora as primeiras tentativas de gerenciamento dos resíduos sólidos na América Latina e no Caribe já remontem a algumas décadas, principalmente nas regiões metropolitanas, as soluções encontradas não têm atendido satisfatoriamente aos objetivos traçados, nem abrangem todos os países e cidades de médio e pequeno portes. O setor de resíduos sólidos tem se caracterizado pela ausência de políticas e planos de gestão, escassez de apoio financeiro, além de deficiências institucionais, gerenciais e financeiras por parte dos municípios.

Paralelamente aos processos de tentativa e erro nos sistemas de gestão, tem aumentado, progressivamente, a geração de resíduos na região, acompanhando o crescimento econômico, a industrialização e o aumento da urbanização. Na Venezuela, por exemplo, o

aumento no volume de lixo gerado é considerado o maior problema ambiental do país, tendo sido decretada emergência nacional no ano de 2001 (ALONZO, 2003). As ilhas do Caribe têm vivido problemas semelhantes. Tem aumentado de forma significativa o volume de latas, plásticos e lodos de esgoto despejados nos mares. Cerca de 90% do lodo de esgoto destas ilhas têm sido lançados ao mar sem qualquer tipo de tratamento, nível este que alcança os 98% em algumas zonas do Pacífico (BBC Mundo, 2004).

A geração per capita diária de resíduos sólidos domiciliares varia entre 0,3 e 0,8kg/hab. Acrescentando-se a estes os resíduos comerciais, institucionais e de varrição, este montante pode aumentar em até 50%, atingindo picos de geração de 1,2kg/hab/dia.

Entre os resíduos gerados, os domiciliares são responsáveis por mais de 50% dos resíduos municipais. Sua composição varia entre restos de jardinagem e demais resíduos orgânicos, vidros, papéis, plásticos, entre outros. Os resíduos comerciais e institucionais respondem por uma média de 15% a 35% dos resíduos sólidos municipais. A composição e porcentagem dos resíduos industriais variam muito de cidade para cidade. Enquanto em cidades menos industrializadas apenas 5% dos resíduos são industriais, em outras, este percentual pode chegar aos 30% (Acurio *et al*, 1998).

Existe uma variação percentual na composição dos resíduos entre os países latino-americanos. Os países mais desenvolvidos economicamente geram mais resíduos e possuem uma maior quantidade de materiais recicláveis em sua composição. Na maioria dos países, a matéria orgânica apresenta uma participação significativa na composição dos resíduos da região, em uma porcentagem que varia entre 40% e 70%. A porcentagem de papel, metal e vidro é inferior à dos países da Europa, embora a quantidade de resíduos de plásticos seja similar. No Chile e Costa Rica, por exemplo, houve uma diminuição no percentual de vidro e um aumento considerável de plásticos. Nas ilhas do Caribe, o Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente (PNUMA), estima que os resíduos de plástico aumentaram cinco vezes

desde a década de 1990 (BBC Mundo, 2004). A Tabela 2.4 apresenta a composição percentual dos resíduos municipais em alguns países da América Latina e Caribe.

Tabela 2.4 – Composição Percentual dos Resíduos

<i>País</i>	<i>H₂O</i>	<i>Papel e Papelão</i>	<i>Metal</i>	<i>Vidro</i>	<i>Têxteis</i>	<i>Plásticos</i>	<i>Orgânicos</i>	<i>Outros e Inertes</i>
Brasil (96)	-	25,0	4,0	3,0	-	3,0	-	65,0
México	45	20,0	3,2	8,2	4,2	6,1	43,0	27,1
Costa Rica	50	19,0	-	2,0	-	11,0	58,0	10,0
El Salvador	-	18,0	0,8	0,8	4,2	6,1	43,0	27,1
Peru	50	10,0	2,1	1,3	1,4	3,2	50,0	32,0
Chile (92)	50	18,8	2,3	1,6	4,3	10,3	49,3	13,4
Guatemala (91)	61	13,9	1,8	3,2	3,6	8,1	63,3	6,1
Colômbia (96)	-	18,3	1,6	4,6	3,8	14,2	52,3	5,2
Uruguai (96)	-	8,0	7,0	4,0	-	13,0	46,0	12,0
Bolívia (94)	-	6,2	2,3	3,5	3,4	4,3	59,5	20,8
Equador (94)	-	10,5	1,6	2,2	-	4,5	71,4	9,8
Paraguai (95)	-	10,2	1,3	3,5	1,2	4,2	56,6	23,0
Argentina (96)	50	20,3	3,9	8,1	5,5	8,2	53,2	0,8
Trinidad & Tobago	-	20,0	10,0	10,0	7,0	20,2	27,0	6,0

Fonte: Acurio *et. al*, 1998

As formas de disposição e tratamento dos resíduos têm evoluído na região, embora a uma velocidade muito inferior à dos países da Europa. O número de cidades que modificaram sua forma de disposição de lixões para aterros controlados^{vii} e sanitários, tem aumentado anualmente, embora nem todos os aterros informados como sendo “sanitários” tenham especificações para receberem tal denominação. No Chile, 83% do lixo gerado estaria disposto em aterros. Já na Colômbia, em cerca de 700 dos seus 1.092 municípios, a forma de disposição empregada é o lixão a céu aberto ou mesmo o aterramento de forma descontrolada.

O interesse em implantar plantas de compostagem^{viii} e incineração ainda é pequeno. Grande parte das cidades latino-americanas que implantaram algumas destas tecnologias tiveram resultados desalentadores. Assim, incineradores e composteiras em diversas cidades da região encontram-se sucateados e desativados. Um dos fatores que contribuem para a pouca utilização destas tecnologias, a exemplo da Europa, são os altos custos de instalação e

operação. Segundo informações da Organização Pan-americana de Saúde (OPS), estes valores chegam a ser vinte vezes maiores do que os custos de aterramento.

Em face das dificuldades de implantação de plantas de incineração, tem crescido anualmente na América Latina o mercado da reciclagem, como uma alternativa às formas de destinação tradicionais, apesar do volume de material reciclado ainda estar muito aquém do volume de resíduos gerados. A reciclagem e reutilização têm sido amplamente incentivadas e, em alguns países, a coleta informal de recicláveis, como embalagens PET e latinhas de alumínio, tem se constituído como a única fonte de renda de diversas famílias desempregadas.

Nos países desenvolvidos, a coleta seletiva, com participação efetiva da comunidade, tem sido o tipo de coleta para reciclagem mais empregado. Na América Latina e no Caribe, este tipo de coleta se aplica em apenas alguns países e em algumas cidades. A Argentina, Colômbia, Brasil e México são exemplos de países que adotam a coleta seletiva com maior regularidade.

A Colômbia tem sido um dos países que mais avançou em termos de organização da coleta seletiva. No país os catadores, em sua maioria, estão organizados em cooperativas com o apoio de ONGs. Em Cali, existe uma cooperativa que se encarrega de classificar e comercializar todo o material pré-selecionado. Na Venezuela, existem mais de duzentos centros de recuperação e reciclagem que cobrem mais de 75% do material reciclado no país. Já os países do Caribe não têm tradição em reciclar os seus resíduos, embora Trinidad e Tobago constituam uma exceção. Aí, existem fábricas de vidro que reciclam 20% dos vidros coletados e também se recuperam 5% dos resíduos de papel que são descartados anualmente, os quais são comercializados na Venezuela (Acurio *et al.*, 1998).

A maioria dos países não possui políticas nacionais específicas para o gerenciamento de resíduos. Países como Brasil, México, Colômbia e Chile têm feito esforços neste sentido, mas esbarram ainda em vários obstáculos. No Brasil, existia um projeto pronto para ser

aprovado pelo Congresso Nacional, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos no país. No México, as políticas ambientais existentes contemplam os resíduos sólidos e perigosos. A Colômbia deu os primeiros passos rumo à gestão de seus resíduos através de um Plano Nacional de Reciclagem, que tem como objetivo principal minimizar os impactos ambientais causados pelo manejo ambiental inadequado dos resíduos e criação de condições de emprego dignas. O plano contempla campanhas educativas para a comunidade sobre a separação do lixo, coleta seletiva e comercialização dos recicláveis (FERRER, 2003).

Segundo Brollo & Silva (2000), os governos têm centrado as decisões de gerenciamento dos resíduos sólidos sobre as opções técnicas existentes no tratamento dos resíduos. O Centro Pan-americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente (CEPIS), através da Rede Pan-americana de Manejo Ambiental de Resíduos (REPAMAR), está coordenando projetos com alguns países, visando a redução da geração de resíduos sólidos e o manejo adequado dos resíduos hospitalares, dentre outros. O projeto desenvolvido pela Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL) e pela Agência de Cooperação Técnica Alemã (GTZ), *“Políticas para a Gestão Ambientalmente Adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos e Industriais”*, tem produzido impacto na região, orientando os países a conceber políticas de gestão de resíduos que incluam integralmente o marco institucional, jurídico, tecnológico, a educação e o planejamento. Uma grande fragilidade, no entanto, consiste na escassa atenção que prestam os governos aos assuntos relativos ao planejamento territorial e ao seu uso como instrumento de política de resíduos.

Historicamente, existe uma tendência dos países da América Latina utilizarem apenas instrumentos do tipo comando e controle em qualquer tipo de gestão ambiental. Entretanto, já existem vários países que implementam algum tipo de instrumento. No Equador, por exemplo, aplica-se uma tarifa por coleta de resíduos sólidos sob a forma de uma sobretaxa de 10% nas contas de energia elétrica (STAVINS, 2000).

A Venezuela tentou, recentemente, introduzir cobranças por volume de resíduos e aterros sanitários, enquanto a Jamaica e Barbados estão prestes a introduzir sistemas semelhantes. O México e o Chile estão também contemplando a possibilidade de adotar estes instrumentos para residências e empresas. O caso venezuelano confirma, entretanto, que tais instrumentos exigem uma capacidade institucional forte para monitorar os volumes de resíduos nas residências e empresas, como para restringir o despejo ilegal (MOTTA *et al*, 1996). Um dos instrumentos econômicos mais utilizados na América Latina são os sistemas depósito-retorno. A Tabela 2.5 apresenta os tipos de sistema em vigor em países latino-americanos.

Tabela 2.5 – Sistemas Depósito-Retorno na América Latina

<i>País</i>	<i>Descrição</i>
Bolívia	Municipal sobre garrafas plásticas e de vidro.
Brasil	Regional sobre garrafas plásticas e de vidro.
Chile	Municipal sobre garrafas plásticas e de vidro.
Colômbia	Municipal sobre garrafas de vidro.
Equador	Municipal sobre garrafas de vidro.
México	Municipal sobre garrafas de vidro e também de baterias velhas que devem ser retornadas para adquirir uma nova.
Venezuela	Municipal sobre garrafas de vidro.

Fonte: Stavins (2000)

2.3 – A Gestão de Resíduos Sólidos no Japão

O Japão é um dos países que possui o mais moderno sistema de gestão de resíduos sólidos. Este avanço significativo no Japão ocorre principalmente devido à falta de áreas de destinação. É sabido que o Japão é uma região com pouca área livre disponível, motivo pelo

qual procura maximizar a utilização das poucas terras disponíveis. Por conseguinte, também são mínimas as áreas apropriadas para a construção de aterros sanitários.

Assim, o Japão se tornou um grande usuário de formas alternativas de tratamento. É o país que utiliza a incineração da maneira mais intensiva. Também nenhum país conseguiu atingir índices de reciclagem tão elevados, tendo ultrapassado já o percentual de 50% do total de materiais produzidos.

A reciclagem de aço é um bom exemplo da hegemonia do Japão no que se refere à reciclagem dos materiais. De acordo com o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2002), a taxa atual de reciclagem é da ordem de 86%, com um crescimento de 66% em relação ao ano de 2000. No Brasil, o aumento foi de apenas 5% (de 40% em 2000 para 45% em 2002), a exemplo dos Estados Unidos onde 60% das embalagens de folhas de flandres retornaram à produção de aço em 2002. No ano de 1999, este percentual era de 65%.

No caso da reciclagem de alumínio, entretanto, o Brasil tem ocupado sucessivamente uma posição antes pertencente ao Japão, como é possível conferir a partir da Figura 2.2.

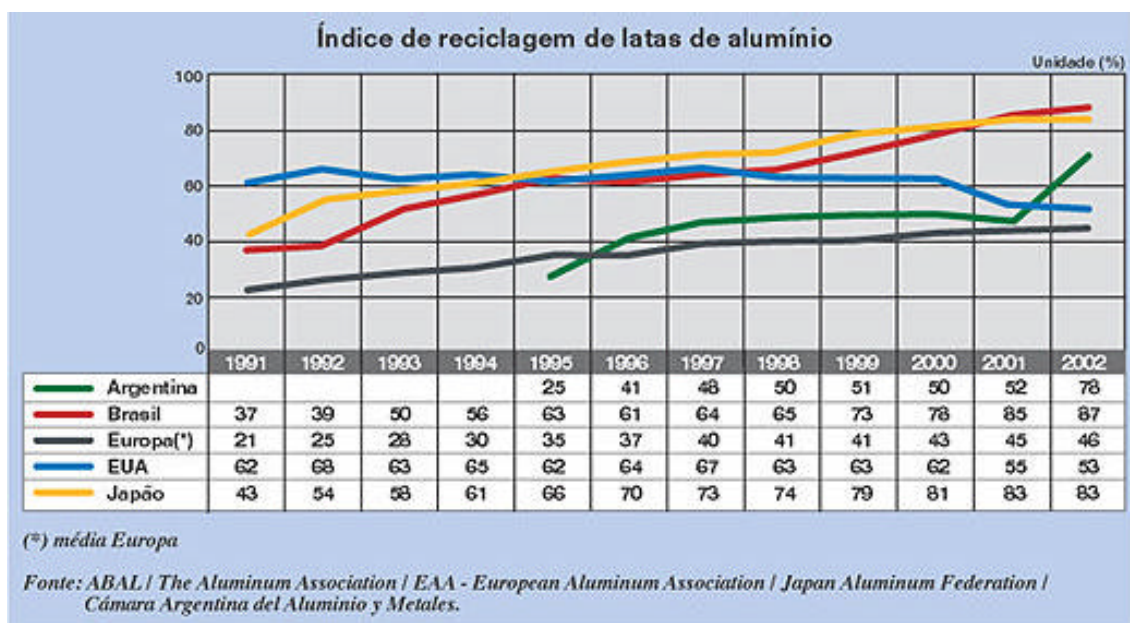


Figura 2.2 – Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio

Entretanto, apesar da evolução intermitente de tratamentos alternativos, o Japão ainda enfrenta problemas de espaço, por exemplo, para confinamento dos rejeitos provenientes da incineração. Para minimizar estes problemas, os planos de gestão no Japão têm buscado atingir os seguintes princípios:

- Aumento da reciclagem e reutilização de materiais;
- Diminuição do volume de resíduos descartados;
- Aumento da vida útil dos aterros sanitários;
- Minimização dos custos com o gerenciamento dos resíduos.

De acordo com a Rebramar *apud* Brollo & Silva (2000), vêm sendo estimuladas no país as seguintes ações para atender aos princípios acima apresentados:

- a) Coleta Seletiva: Prevê a instituição de um novo sistema sócio-econômico, onde o descarte deve ser controlado. A coleta seletiva e a reciclagem de novos produtos exigem que o descarte dos materiais seja diferenciado e que a coleta seja realizada em compartimentos diferentes pela municipalidade.
- b) Restrição do Descarte de Resíduos: Para minimizar a quantidade de material descartado, os consumidores devem utilizar sacola para compras e escolher mercadorias em recipientes retornáveis. Em locais onde não existem áreas disponíveis para novos aterros, são necessários esforços extras para a realização da coleta seletiva e, desta maneira, reduzir a quantidade de material destinado ao local de disposição final de resíduos.
- c) Difusão de informações: O governo municipal e estadual deverão realizar campanhas de esclarecimento, difundindo o conceito de que a reciclagem é uma forma de preservação ambiental. Com as informações, deverão estabelecer um método de avaliação do ciclo de

vida e difundir estas informações, conscientes do significado da minimização dos custos ambientais.

Além das ações acima, o Japão utiliza ainda instrumentos econômicos, como é o caso dos sistemas de retorno para garrafas, que envolvem taxas para atacadistas, varejistas e consumidores, as quais são restituídas a cada estágio da distribuição.

2.4 – A Gestão de Resíduos na África do Sul

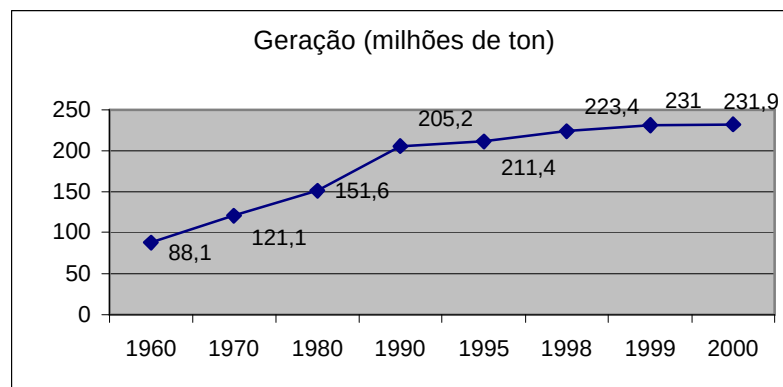
Na África do Sul, a exemplo de boa parte dos países em vias de desenvolvimento, a reciclagem de materiais apresenta índices incipientes. Apenas cerca de 11% dos habitantes do país realizam algum tipo de reciclagem. Em pesquisa realizada para o “Business Day” por ACNielsen’s Customised Research, quase 40% dos sul-africanos entrevistados atribuíram a falta de interesse na reciclagem à falta de material suficiente em seu lixo que a justifique. Entre os consumidores que praticam a reciclagem, a ignorância sobre alguns aspectos da reciclagem ainda é muito elevada. Como exemplo, cita-se o caso da reciclagem de vidro. O principal motivo alegado pelos que reciclam, para não coletar vidro é a falta de material suficiente, embora um em cada dez entrevistados nem saiba que o vidro possa ser reciclado.

O menor nível de ignorância está entre os consumidores que reciclam latinhas, provavelmente devido à agressividade das campanhas pró-reciclagem de latas. A praticidade é outro fator que influencia uma maior reciclagem no país. Os materiais que dispõem de pontos de coleta bem definidos e conhecidos, são os que alcançam maiores taxas de reciclagem. Apenas 34% das pessoas se declararam preparadas para realizar coleta seletiva. O principal material reciclado no país é o papel jornal, seguido pelo vidro, sacolas de supermercado,

latinhas, entre outros tipos de plástico e folhas de flandres (WARMER NEWSLETTER, 2002).

2.5 – A Gestão de Resíduos Sólidos nos E.U.A

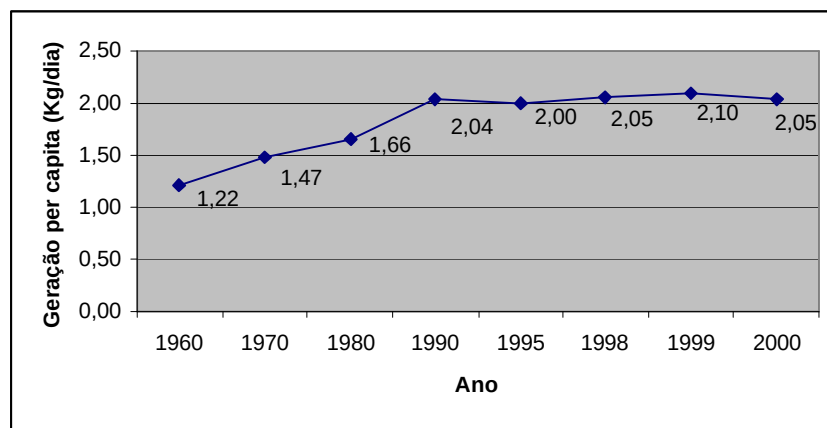
Os Estados Unidos são o país considerado como o maior gerador de resíduos sólidos no mundo. No ano de 2000 foram produzidas 231,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos municipais. No Brasil, por exemplo, no mesmo ano, foram produzidas cerca de 80 milhões de toneladas, quantidade esta gerada pelos Estados Unidos na década de 1960. A Figura 2.3 apresenta a geração de resíduos nos Estados Unidos entre os anos de 1960 e 2000 (Environmental Protection Agency – EPA, 2002) .



Fonte: EPA (2002)

Figura 2.3 – Geração de Resíduos Municipais nos EUA

Entre os anos de 1999 e 2000, o aumento na geração de resíduos foi de apenas 0,3%, o que leva a crer que a consciência da necessidade de minimizar a geração de resíduos no país tem aumentado, fato este que pode ser ratificado com a observação da curva de geração per capita nos mesmos anos. Em 1999, a geração per capita foi de 2,1Kg/dia, enquanto que no ano 2000 este valor declinou para 2,05 Kg/dia, tendo se mantido estável desde o início da década de 1990 (Figura 2.4).



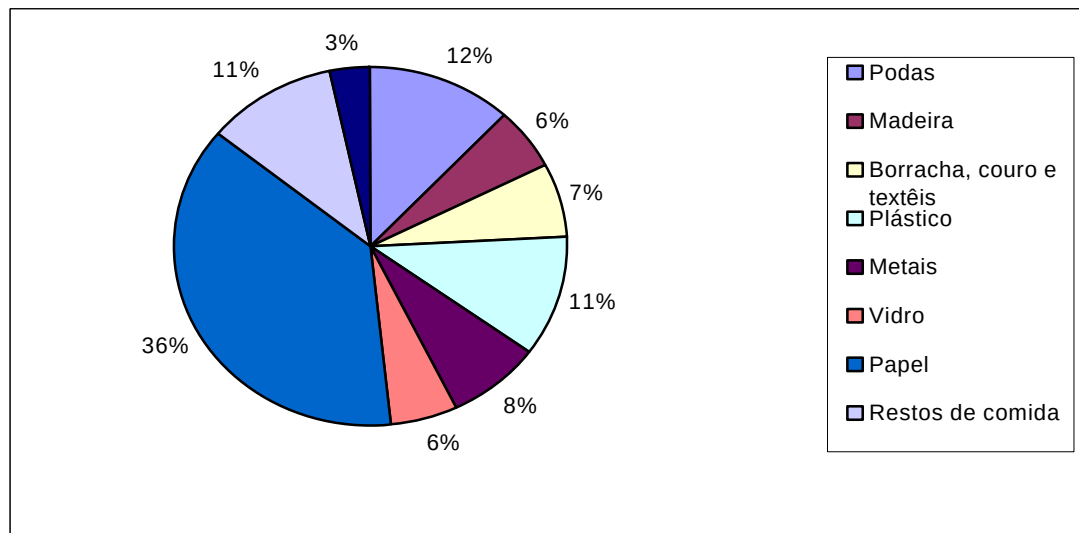
Fonte: EPA (2002)

Figura 2.4 – Geração per capita de Resíduos Sólidos Municipais nos EUA

Credita-se a elevada geração de resíduos nos Estados Unidos ao consumo elevado que, por sua vez, é fortemente impactado pelo estado da economia. A geração de resíduos continuou a crescer durante os anos 1990, à medida que o crescimento econômico continuava a ser forte. Entre os anos de 1998 e 1999, a geração de papel e papelão aumentou 4,9%. Entre 1999 e 2000, a geração teve apenas um suave crescimento, o qual pode ser atribuído, em grande parte, a um declínio de 1,7 % na produção de papel (EPA, 2002).

Os resíduos municipais são compostos de papel e papelão, restos de podas de jardim, sobras de comida, plásticos, metais, vidros, madeira, borracha, couro e têxteis, entre outros. De acordo com EPA (2002), o papel é responsável pela maior quantidade de material descartado (37%), seguido pelos materiais orgânicos [restos de poda (12%) e sobras de

comida (11%)], contrariando a tendência da maioria dos países. Os demais materiais participam da composição com um percentual variável entre 5% e 11% (Figura 2.5).



Fonte: EPA (2002)

Figura 2.5 – Composição Gravimétrica dos Resíduos nos EUA

A partir do final da década de 1980, vêm sendo desenvolvidos planos e normas para o gerenciamento integrado de resíduos através de programas de gestão que devem obedecer às diretrizes de redução na fonte, reciclagem, transformação por tratamento (composto ou energia) e disposição final em aterros sanitários apenas dos resíduos últimos.

Assim, as práticas norte-americanas de gerenciamento estão centradas preferencialmente, na redução da geração envolvendo a alteração no *design* de produtos e no sistema produtivo. A Tabela 2.6 demonstra que o país obteve alguns progressos com as normas gerenciais. Em 2000, os Estados Unidos preveniram a entrada de mais de 55 milhões de toneladas de resíduos municipais no ciclo. A EPA (2002) afirma que, se tal prevenção não houvesse ocorrido, a geração em 2000 teria sido de 287 milhões de toneladas em vez de 231,9 milhões.

Tabela 2.6 – Redução de Geração de Resíduos (1992-2000)

Ano	Redução (Milhões de Toneladas)
1992	0,6
1994	8,0
1995	21,4
1996	31,0
1997	31,8
1998	37,3
1999	42,8
2000	55,1

Fonte: EPA (2002)

A reciclagem é outra atividade que tem sido amplamente incentivada no país. Entre os anos de 1960 e 1990, os índices de reciclagem aumentaram de 6,4% para 27,8%. Os principais materiais reciclados, em ordem decrescente de volume, são as baterias automotivas, latas de aço, embalagens de alumínio, matéria orgânica, papel/papelão, garrafas PET, vidros e pneus. A reciclagem de baterias chegou a atingir uma taxa de 96,9% no ano de 1999. O significativo percentual de reciclagem das embalagens de alumínio (54,5%) ainda é inferior ao de países como o Japão e o Brasil, que ocupam, respectivamente, o segundo e primeiro lugares em reciclagem de latas de alumínio. Interessante também é o percentual que é compostado no país. Quarenta e cinco por cento da matéria orgânica gerada em jardins e quintais são compostados.

O aumento no volume dos resíduos reutilizados, reciclados e compostados provocou uma diminuição no número de aterros municipais – de 8000 em 1988 para 2300 em 1999. Ressalta-se, entretanto, que a diminuição na quantidade de resíduos dispostos não decresceu na mesma grandeza do número de aterros. O que ocorreu, foi que a capacidade dos aterros

aumentou, fazendo com que a diferença em termos de volume não fosse tão significativa quanto parece à primeira vista.

2.6 – A Situação da Gestão de Resíduos no Brasil

O volume de resíduos sólidos tem aumentado ao longo dos últimos anos no Brasil. Este crescimento deve-se, em grande parte, à redução dos índices inflacionários nos últimos anos, o que permitiu um aumento no poder aquisitivo da população e conseqüente aumento no consumo. Com o aumento no consumo, provocando assim uma maior produção de resíduos, as etapas de geração e a destinação dos resíduos nas cidades brasileiras passaram a ocupar uma posição de destaque nas discussões a respeito de desenvolvimento sustentável.

De acordo com a última PNSB realizada pelo IBGE no ano de 2000, os brasileiros geram cerca de 228.000 toneladas diárias de resíduos, significando que em um ano são geradas mais de oitenta milhões de toneladas de lixo. A Tabela 2.7 apresenta a geração de resíduos por região no Brasil.

Tabela 2.7 – Geração de Resíduos por Região (2000)

	População Total		Geração de Resíduos (Ton/dia)		Geração Per capita (Kg/hab/dia)
	Valor (hab)	%	Valor	%	
Norte	12.900.704	7,6	11.067	4,8	0,86
Nordeste	47.741.711	28,1	41.558	18,2	0,87
Sudeste	72.412.411	42,6	141.617	62,0	1,96
Sul	25.107.616	14,8	19.875	8,7	0,79
Centro-Oeste	11.636.728	6,9	14.297	6,3	1,23
TOTAL	169.799.170	100	228.413	100	1,35

Fonte: PNSB (IBGE, 2002)

Do quadro acima, pode-se perceber que somente a Região Sudeste produz 141.617 t/dia de resíduos, respondendo por 62% da geração brasileira. O Nordeste, segunda região mais populosa do país, é responsável pela geração de 18% dos resíduos, enquanto que as demais regiões oscilam entre 4% e 9%. Considerando que na União Européia a geração per capita é de 1,38kg/hab/dia e nos EUA é de 2,05kg/hab/dia, o maior problema acerca da gestão dos resíduos no Brasil não é propriamente a geração nem a coleta como poderá ser concluído a seguir, e sim a destinação final.

No que se refere à coleta, pode-se afirmar que o serviço teve um crescimento significativo no país nos últimos anos. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) realizada pelo IBGE, a abrangência do serviço no País subiu de 69,2% em 1995 para 84,8% no ano de 2002 (Tabela 2.8)

Tabela 2.8 – Abrangência dos Serviços de Coleta nas Regiões Brasileiras – 1981/2002

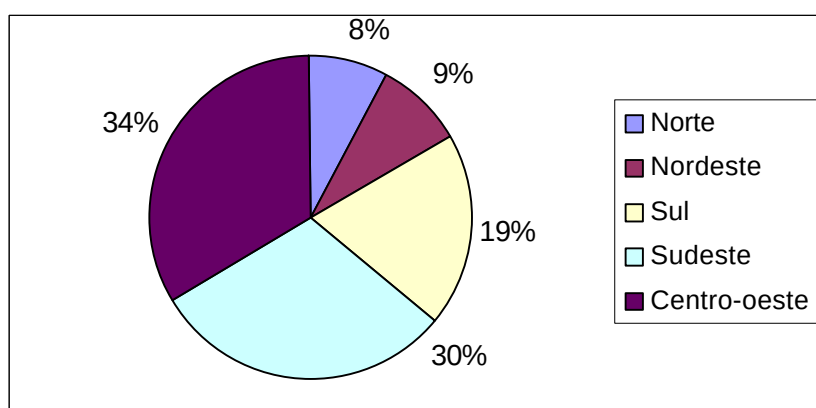
REGIÃO	LIXO COLETADO (%)				
	1981	1990	1995	1999	2002
Norte	36,5	59,9	58,6	81,4	88,1
Nordeste	46,7	64,2	48,1	59,7	68,4
Centro-Oeste	54,6	76,3	70,8	82,1	85,8
Sudeste	72,4	85,1	82,1	90,1	93,6
Sul	63,5	83,9	75,8	83,3	85,4
Brasil	62,8	78,4	69,2	79,9	84,8

Fonte: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) – IBGE de 1981 a 2002

Entre os anos de 1990 e 1995, ocorreu uma diminuição na prestação de serviços de coleta no país, voltando a crescer nos anos subseqüentes. De fato, tomando como base os gastos municipais por função, entre os anos de 1975 e 1994, houve um decréscimo nos gastos com saúde e saneamento. Em 1975, por exemplo, estes gastos eram da ordem de 11% do total. No ano de 1994, os gastos com saúde e saneamento representavam apenas 0,6% dos gastos municipais (RIANI, 2002). A Região que mais evoluiu em termos de coleta foi a Região Norte que em 1981 era a região com menor índice de coleta e atualmente superou a

Região Nordeste apresentando maiores índices que esta. A Região Sudeste é a região mais atendida pelos serviços de coleta.

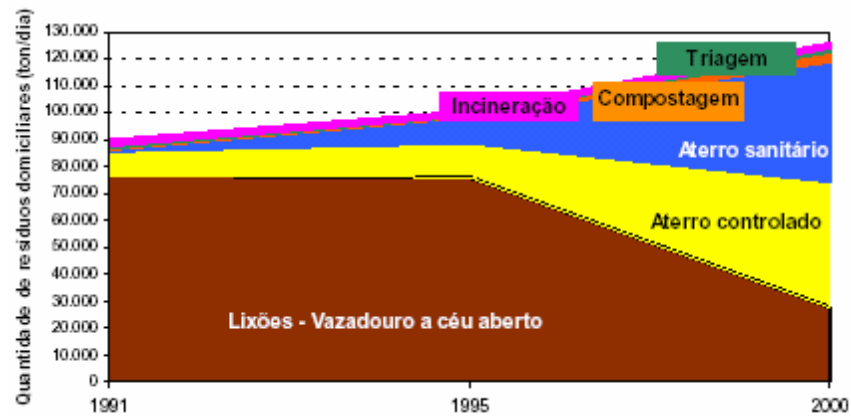
A última PNSB revelou que, dos 5.507 municípios brasileiros, 5.475 possuíam algum tipo de serviço de limpeza urbana ou coleta de lixo. Destes, 5.471 municípios possuem sistemas de coleta de lixo e 5.224 apresentam áreas para disposição final de resíduos. A Figura 2.6 apresenta a porcentagem de cidades, por região, que possuem áreas de disposição. A região Centro-Oeste é a que apresenta a maior proporção de cidades com áreas de disposição.



Fonte: PNSB - IBGE (2002)

Figura 2.6 – Existência de Áreas de Disposição Final por Região

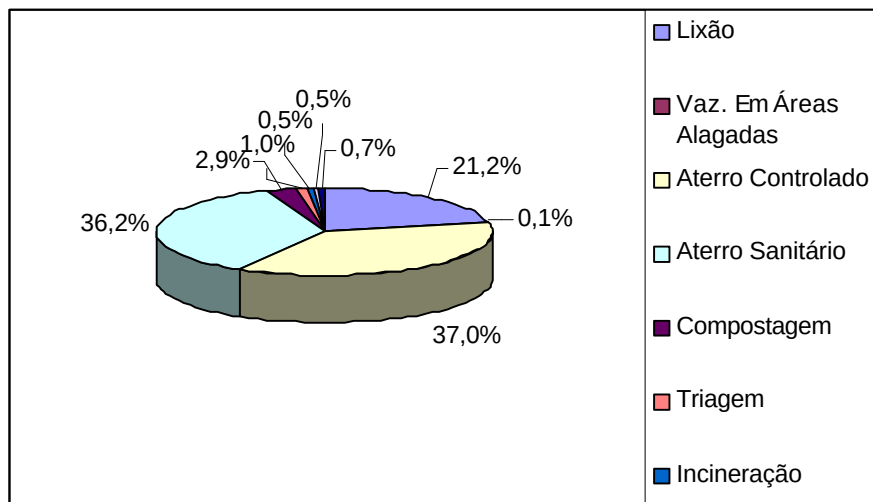
A Figura 2.7 apresenta a evolução da destinação final dos resíduos sólidos domiciliares de 1991 até o ano 2000, com base em dados da PNSB. De acordo com a Figura, em 1990, quando eram geradas cerca de 90.000 toneladas diárias, mais de 70.000 eram depositadas em vazadouros a céu aberto. No ano 2000, quando a geração diária superava as 120.000 toneladas, cerca de 30.000 toneladas eram depositadas em lixões. Houve um aumento na disposição em aterros controlados e sanitários.



Fonte: Jucá(2002)

Figura 2.7 – Disposição Final dos Resíduos(ton/dia)

No que se refere à destinação final de resíduos, a PNSB apresentou alguns resultados curiosos. Ao considerar-se a tabela relativa às quantidades diárias de lixo coletado, a pesquisa indicou que 37% dos resíduos eram dispostos em aterro controlado, 36,2% em aterros sanitários, 21,6% eram dispostos em lixões e um pequeno percentual, 4,3%, eram destinados à incineração, compostagem e triagem. Percebe-se, neste caso, o que parece ser um quadro estranhamente favorável, uma vez que mais de 70% dos resíduos estavam sendo dispostos em aterros (Figura 2.8).



Fonte: PNSB - IBGE (2002)

Figura 2.8 – Disposição Final dos Resíduos (%)

Entretanto, ao considerar-se o tipo de destinação final por número de municípios, este resultado não se mostra tão favorável. Um percentual de 63,6% dos municípios informaram que depositavam seus resíduos em lixões e apenas 32,2% declararam que possuíam aterros (13,7% sanitários e 18,3% controlados). Cinco por cento dos municípios não informaram para onde destinavam seus resíduos.

Diante do quadro estranhamente otimista apresentado pela última PNSB, o GRS/UFPE realizou uma consulta aos órgãos ambientais dos Estados e apresentou uma comparação entre os dados da PNSB e as informações obtidas (Tabela 2.9).

Tabela 2.9 – Comparação entre Dados do PNSB e Outros

Produção de Resíduos (ton/dia)		Destinação em At. Sanitário				Órgão Consultado
PNSB		PNSB		Consulta		
Brasil	228413	82640,3	36%	36.071,00	16%	
Norte	11.067,10	1468,8	13%			
Rondônia	692	31,9	5%			Não Informado
Acre	538,9	242,7	45%			Não Informado
Amazonas	2947,3	27,6	1%	1125,9	38%	Estimativa GRS
Roraima	133,1	0	0%			Não Informado
Pará	5.181,60	1007,5	19%	1024,4	20%	Estimativa GRS
Amapá	455,8	0	0%			Não Informado
Tocantins	1.201,70	159,1	13%	320	27%	Secretaria do Meio Ambiente
Nordeste	41.557,80	15030,1	36%			
Maranhão	2.652,60	740	28%	0	0%	Estimativa GRS
Piauí	2.431,30	90,8	4%	0	0%	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
Ceará	10.150,50	7306,5	72%	3522,2	35%	Governo do Estado
R.G do Norte	2.373,50	219,6	9%	0	0%	Coordenadoria do Meio Ambiente
Paraíba	2.894,00	67,1	2%	0	0%	GRS/UFPE
Pernambuco	6.281,20	2301,3	37%	200	3%	GRS/UFPE
Alagoas	2.999,30	185	6%	0	0%	GRS/UFPE
Sergipe	1.377,10	30	2%	0	0%	GRS/UFPE
Bahia	10.398,30	4089,8	39%			Não Informado
Sudeste	141.616,80	52542,3	37%			
Minas Gerais	15.664,00	5296,8	34%	4887,2	31%	Fundação Estadual do Meio Ambiente
Espírito Santo	2.923,60	1330,6	46%			Não Informado
Rio de Janeiro	17.447,20	7328,1	42%	7029,5	40%	COMLURB
São Paulo	105.582,00	38586,8	37%	10000	9%	CETESB
Sul	19.874,80	8046	40%			
Paraná	7.542,90	2726,6	36%	3017,2	40%	www.pr.gov.br/celepa
Sta. Catarina	4.863,60	2455,2	50%	2364,2	49%	UFSC/órgão ambiental
R.G do Sul	7.468,30	2864,2	38%	2580,5	35%	Prefeitura Municipal de Porto Alegre
Centro-oeste	14.296,50	5553,1	39%		0%	
M. Grosso do Sul	1.756,50	194,2	11%		0%	Não Informado
M. Grosso	2.163,70	599,3	28%		0%	Não Informado
Goiás	7.809,10	4759,6	61%		0%	Não Informado
D. Federal	2.567,20	0	0%		0%	Secretaria de Meio Ambiente

Fonte: Jucá (2002)

De acordo com Jucá (2002), a PNSB apresentou algumas divergências em relação aos resultados encontrados pelo Grupo de Resíduos Sólidos (GRS) nos Estados. Em São Paulo, por exemplo, enquanto a PNSB estimou um percentual de 37% de resíduos destinados a aterros sanitários, para o mesmo ano a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

(CETESB) informou que apenas 10% dos rejeitos eram depositados em aterros. Nos Estados do Nordeste as distorções foram bem maiores, como foi o caso do Ceará onde o Governo do Estado declarou que apenas 35% dos rejeitos eram destinados a aterros sanitários em vez dos 72% informados pela PNSB 2000 (IBGE,2002).

A discrepância entre os dados pode ser explicada por dois fatores. A primeira hipótese, aventada pelo próprio IBGE, é a de que as fontes de informações coletadas foram os próprios órgãos públicos e, assim, os informantes poderiam ter sido demasiadamente otimistas com o objetivo de evitar a exposição de deficiências no sistema. Outra hipótese para explicar esta discrepância seria a superioridade de volume de resíduos gerados nas grandes cidades, que, em geral, depositam seus resíduos em aterros, enquanto as cidades menores ainda utilizam muito os lixões.

No Brasil, ainda é prática predominante o uso intensivo do solo para a destinação de rejeitos humanos. Atividades como a incineração, compostagem e reciclagem, de acordo com a referida pesquisa, apresentavam à época da pesquisa ainda valores muito incipientes. Entretanto, nos últimos anos, o mercado de reciclagem tem se consolidado com o fortalecimento das empresas já existentes e abertura de novos empreendimentos por todo o País. O aparecimento de novos materiais recicláveis também tem contribuído para o aumento do mercado. As embalagens Longa Vida, por exemplo, começaram a ser recicladas em escala industrial em 1998, assumindo valores recordes no ano de 2000. As ligas fabricadas a partir da reciclagem de sucata de alumínio obtiveram índices superiores a 78,2% em 2000 e em 2002 o Brasil atingiu a marca dos 87%. São valores bem expressivos em comparação a regiões como EUA (55,4%), Argentina (52%), Europa (41%) e Japão (82%).

De acordo com o CEMPRE (2000), outro segmento que ganha força no mercado de reciclagem, é o de garrafas PET. Desde 1998, os índices de reciclagem do PET se têm acelerado progressivamente. Em 1999 e 2000, a expansão foi de 34% contra 10% no

crescimento da produção de PET virgem. A Tabela 2.10 apresenta a evolução da reciclagem, comparando os anos de 2000 e 2002.

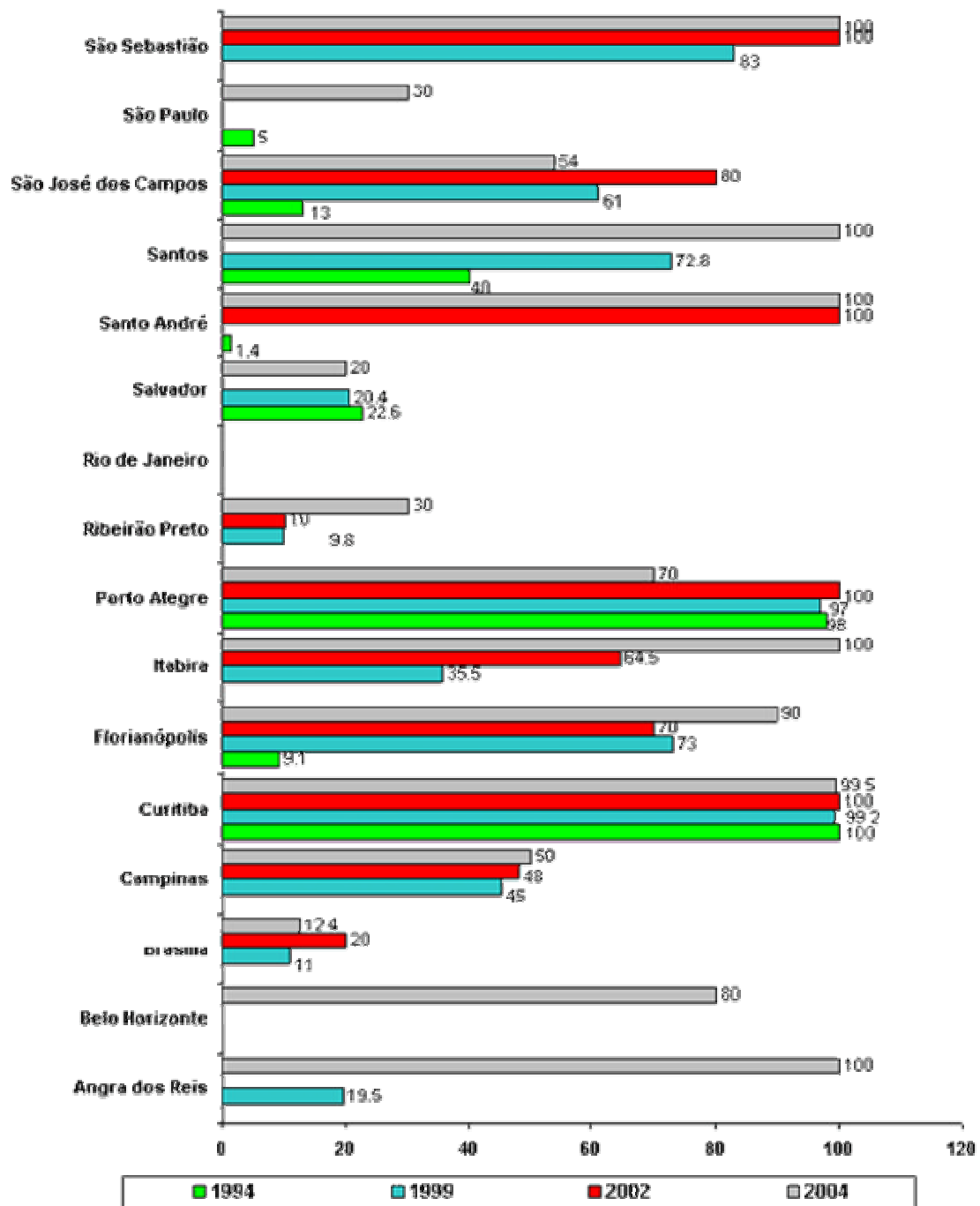
Tabela 2.10– Índices de Reciclagem dos Materiais (%)

<i>Material</i>	<i>2000</i>	<i>2002</i>
- Vidro	42%	44%
- Plástico Rígido/Filme	15%	17,5%
- Papel		
• Ondulado	72%	77,3%
• De Escritório	22%	41%
- Alumínio	78%	87%
- Aço	40%	45%

Fonte: CEMPRE (2000) e (2002)

Para garantir a coleta destes materiais, parte dos municípios implanta programas de coleta seletiva. Atualmente, existem programas de coleta seletiva^{ix} em 192 municípios, segundo a pesquisa CICLOsoft 2004, realizada pelo CEMPRE. Em 1994, eram apenas 81 municípios, em 1999, 135, com maior concentração nas regiões Sul e Sudeste do país em 2002, 192 municípios. Atualmente são 237 municípios no Brasil que possuem coleta seletiva. A Figura 2.9 apresenta a população total atendida pela coleta seletiva em algumas cidades pesquisadas pela CICLOSoft.

De acordo com a PNSB 2000 (IBGE, 2002), além dos municípios cuja coleta seletiva é realizada em todo o município, existem ainda aqueles com coleta apenas no distrito-sede (130), em bairros selecionados (110), outras áreas (23), e ainda 10 municípios que não declararam a área de abrangência, totalizando 451 municípios que realizaram algum tipo de coleta seletiva em 2000. Os comerciantes de materiais recicláveis são os principais receptores dos materiais oriundos da coleta seletiva, seguidos pelas indústrias recicladoras, depósitos aparistas, entidades beneficentes, entre outros.



Fonte: CEMPRE (2002)

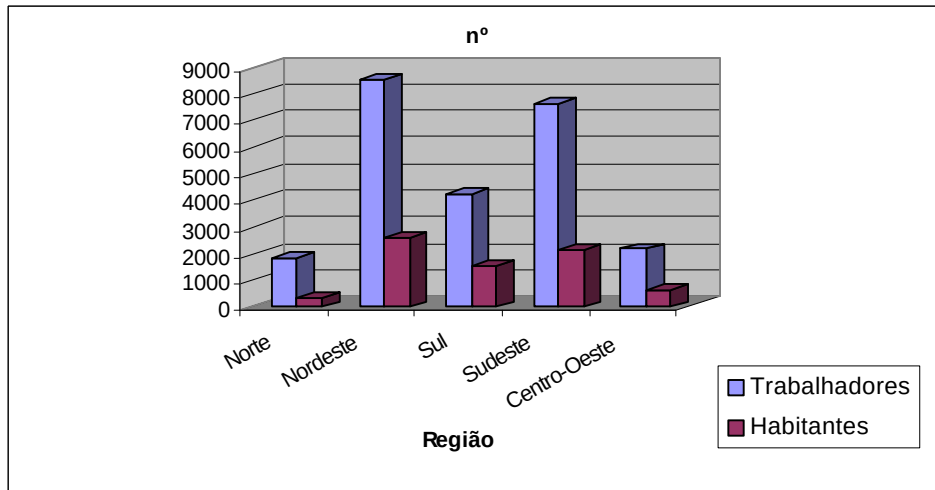
Figura 2.9 – População Atendida Pela Coleta Seletiva (%)

No Brasil, a exemplo dos demais países do mundo, apesar dos esforços em reduzir, reutilizar e reciclar, é nos aterros que a maioria dos resíduos é disposta. Uma das mais graves consequências da disposição do lixo nos lixões é a presença de catadores nestes locais. De

acordo com levantamentos da ONG Água e Vida, contratada pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) em 1998, o número de catadores em ruas e lixões chegava a 45.000 nos lixões e 30.000 nas ruas das cidades, no ano de 1998. Um dos grandes problemas referentes aos catadores é a presença de crianças e adolescentes nos lixões. Há quatro anos atrás foi criado o Fórum Nacional Lixo e Cidadania com o objetivo de retirar estas crianças dos lixões e colocá-las na escola, inserir social e economicamente os catadores em programas de coleta seletiva e erradicar os lixões. Para solucionar o problema das crianças, o Fórum distribui bolsas de R\$40,00 para as famílias por cada filho retirado dos lixões e R\$10,00 por criança aos municípios para investimentos. Com isso, o Fórum já colocou até o presente momento, mais de 46 mil crianças nas salas de aula (Agência Brasil, 2002).

De acordo com a Procuradoria Geral da República (1999), a catação no lixo, assim como a catação nas ruas, não é apenas um sintoma da crise econômica pela qual o Brasil tem passado; é também uma opção de vida para milhares de brasileiros. Muitos não conhecem outra forma de viver, tendo sido criados em barracas em volta do lixão, o que faz com que, com o seu fechamento, cesse um fluxo importante de receitas, criando grandes transtornos para a comunidade que nele vive e do qual sobrevive.

De acordo com a última PNSB, dos 5.475 municípios no Brasil com serviços de limpeza e coleta urbana, em 1900 deles existiam catadores nas unidades de destinação final, sendo em maior número no Sudeste, e 3% fixavam residência na própria unidade. Na grande maioria destes municípios não existe qualquer trabalho social desenvolvido com estes catadores, tais como cadastro e encaminhamento a postos de trabalho e renda, ou mesmo o encaminhamento a programas de coleta seletiva ou organizações sociais. No total, a última PNSB apontou a existência de 24.340 catadores em lixões, dos quais, 5.393 eram menores de idade. A Figura 2.10 demonstra a presença de catadores nas unidades de destinação final e o número deles que habitam o próprio lixão.



Fonte: PNSB (2002)

Figura 2.10 – Presença de Catadores nos Lixões

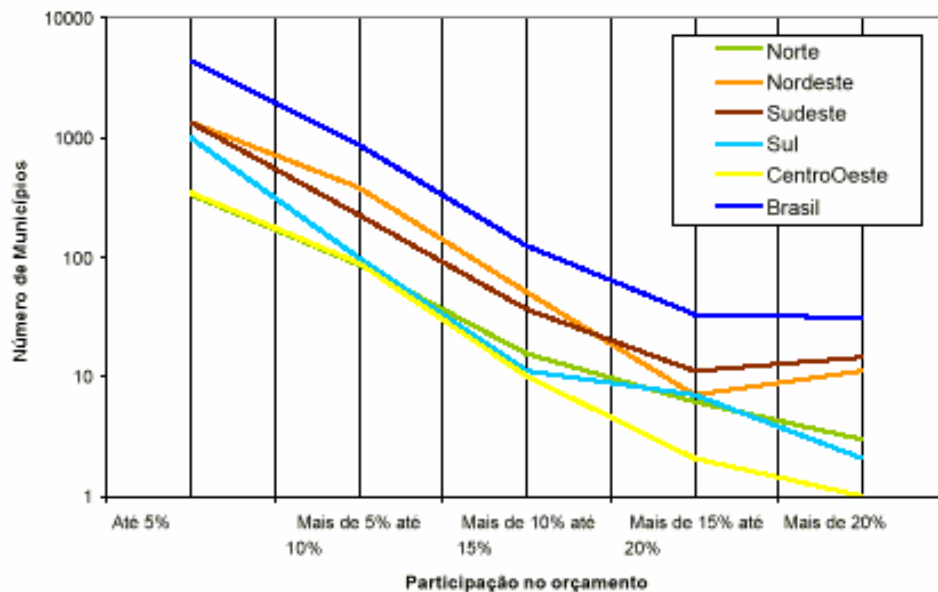
O gerenciamento de resíduos no país tem apresentado algum avanço, apesar dos indicadores ainda mostrarem um desempenho aquém do ideal, principalmente no que se refere à disposição final dos mesmos. Considerando apenas os resíduos urbanos e públicos de acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM (2000), o que se percebe é uma ação generalizada das administrações públicas locais, ao longo dos anos, em apenas afastar das zonas urbanas o lixo coletado, depositando-o, por vezes, em locais absolutamente inadequados, como encostas florestadas, manguezais, rios, baías e vales. Mais de 80% dos municípios vazam seus resíduos em locais a céu aberto, cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas, a maioria com a presença de catadores, entre eles crianças, denunciando os problemas sociais que a má gestão do lixo acarreta.

Embora a gestão dos resíduos seja considerada uma atividade predominantemente municipal, em algumas regiões do país, por força das Regiões Metropolitanas, houve e ainda há a interferência do Estado no setor de limpeza urbana, apontando recursos e buscando soluções intermunicipais (PENIDO, 2002). Como em geral, os aterros são terceirizados, as

prefeituras pagam pelo peso do lixo nos aterros. Os custos de operação são variáveis entre as cidades. Como, em geral, os valores são elevados, os aterros se concentram principalmente nas Regiões Sul e Sudeste.

O orçamento destinado à gestão de resíduos é muito incipiente no Brasil. Segundo dados da PNSB (IBGE, 2002), o percentual destinado a essas atividades raramente ultrapassa os 10%. Nas cidades com população inferior a 5.000 habitantes, este percentual geralmente não ultrapassa os 5%.

A Figura 2.11 apresenta a participação dos gastos com limpeza urbana no orçamento municipal. Pode-se observar, por exemplo, que a região Centro-Oeste, apesar de ser a Região com a menor incidência de cidades que destinam até 5% de seu orçamento para a limpeza urbana, também é aquela com o menor número de municípios cujo orçamento para limpeza supera os 20%. Já a Região Sudeste é a Região com o maior número de municípios com o referido orçamento.



Fonte: Penido(2002)

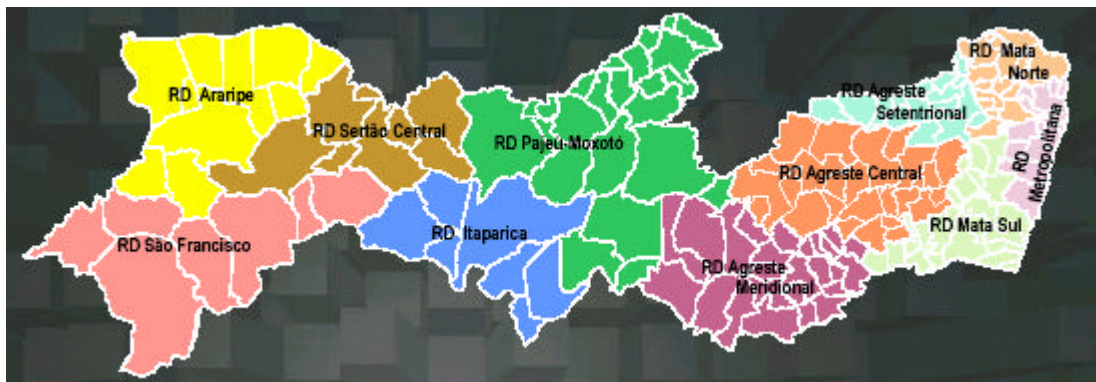
Figura 2.11 – Participação no Orçamento Municipal de Gastos com Limpeza Urbana

Para incrementar a sua receita, a maioria das cidades brasileiras cobra tarifas fixas, constantes nas guias de IPTU. Estas tarifas visam cobrir os custos de varrição, coleta e disposição final. As Regiões Sudeste e Sul são, notadamente, as regiões cuja maioria dos municípios adotou este tipo de taxação. Entretanto, Penido (2002) observa que a quase totalidade dos municípios acima de 100.000 habitantes tem instituído uma taxa específica para a limpeza urbana, independentemente da região onde se localiza.

Com relação à questão de financiamentos, o Governo Federal destinou cerca de 76 milhões de reais no ano de 2000 para a área de resíduos sólidos. Este financiamento veio a ajudar 408 municípios de diferentes regiões a melhorarem, de alguma forma, a sua gestão de resíduos. Apesar do volume de financiamento ter aumentado em comparação a anos anteriores, ainda está muito aquém das necessidades nacionais. Em comparação a alguns países europeus, cujas cifras de financiamento para a gestão de resíduos atingem a casa dos bilhões, pode-se perceber como os valores nacionais são incipientes.

2.7 – A Gestão de Resíduos no Estado de Pernambuco

O Estado de Pernambuco (Figura 2.12) possui uma extensão territorial de 98.526,6 Km², representando mais de 6% da região Nordeste, e, para efeito de gerenciamento de políticas estaduais, é dividido em 11 Regiões de Desenvolvimento, as quais são subdivididas em municípios com características políticas, econômicas e sociais específicas. No ano corrente, as regiões do Pajeú e Moxotó estão sendo separadas e o Estado passará a ser dividido em 12 regiões.



Fonte: JUCÁ (2002)

Figura 2.12 – Pernambuco: Regiões de Desenvolvimento

A Região Metropolitana agrega 42,19% da população do Estado e é a que possui o maior grau de urbanização (96,92%). Além disso, também é a que apresenta uma maior densidade demográfica. Por este motivo, é uma das regiões que mais geram resíduos no Estado e, conseqüentemente, apresentam maiores problemas relacionados à destinação final (Tabela 2.11).

Tabela 2.11: Características da População do Estado de Pernambuco

<i>Região de Desenvolvimento</i>	<i>População (2000)</i>		<i>Taxa de Crescimento 1991-2000 (% a.a.)</i>	<i>Grau de Urbanização (%)</i>	<i>Densidade Demográfica (hab/Km²)</i>	<i>Qtde de Resíduos Gerados (2000)</i>		<i>Geração per capita média (Kg/hab/dia)</i>
	Total	%				ton/dia	%	
Pernambuco	7.911.937	100	1,17	76,50	80,30	7.803,06	100	1,22
RMR	3.337.755	42,19	1,49	96,92	1208,89	4.136,27	53,01	1,24
Agreste Central	933.812	11,80	1,09	69,87	92,69	504,71	8,36	1
Agreste Meridional	594.148	7,51	0,67	52,06	55,10	463,97	5,95	1,5
Agreste Setentrional	463.345	5,86	1,30	55,12	131,28	360,10	4,61	1,41
Mata Norte	540.712	6,84	0,79	69,66	166,60	652,45	6,47	1,34
Mata Sul	665.620	8,41	0,63	68,48	128,3	463,97	8,29	1,42
Sertão Central	159.358	2,01	0,48	52,74	17,43	647,22	0,88	0,82
Sertão de Itaparica	116.542	1,47	0,76	54,83	12,20	50,48	0,65	0,75
Sertão do Araripe	277.163	3,50	1,04	44,90	23,16	210,96	2,70	1,15
Sertão do São Francisco	341.180	4,31	2,83	63,27	23,34	68,91	3,28	1,2
Pajeú/ Moxotó	482.302	6,1	0,15	58,08	27,31	451,92	5,79	1,5

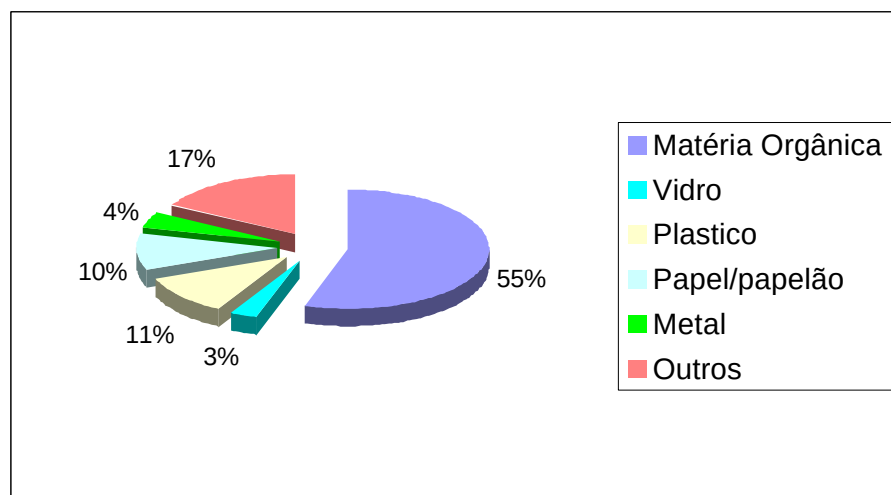
Fonte: SECTMA, (2002)

CONDEPE, (2001)

Itaparica é a região que menos gera resíduos no Estado. Apesar de ser também a região menos populosa, o que à primeira vista poderia servir de argumentação para justificar o baixo índice de geração de resíduos, não é o único motivo para o reduzido descarte na região. Enquanto a média de geração per capita pernambucana é de 1,22Kg/hab/dia, os habitantes da RMR produzem 1,24Kg/hab/dia e os da região de Itaparica, apenas 0,79 Kg/hab/dia. À exceção do município de Petrolândia que está entre os 40 municípios de maior PIB do Estado, todas as outras cidades da região apresentam baixos valores de PIB, a exemplo de Itacuruba que em 1996 apresentou o menor PIB do Estado, apenas US\$1.473.171,00.

No que se refere à geração de resíduos per capita, os maiores geradores são os municípios das Matas Norte e Sul, além do Agreste Setentrional e RMR. De fato, os municípios destas regiões apresentam juntos um elevado contingente populacional, cerca de 63,30% da população. Além deste fator, a grande maioria dos municípios pertencentes a estas regiões apresentam os maiores PIBs do Estado. Só os municípios da Região Metropolitana juntos respondem por mais de 60% do PIB estadual (IBGE).

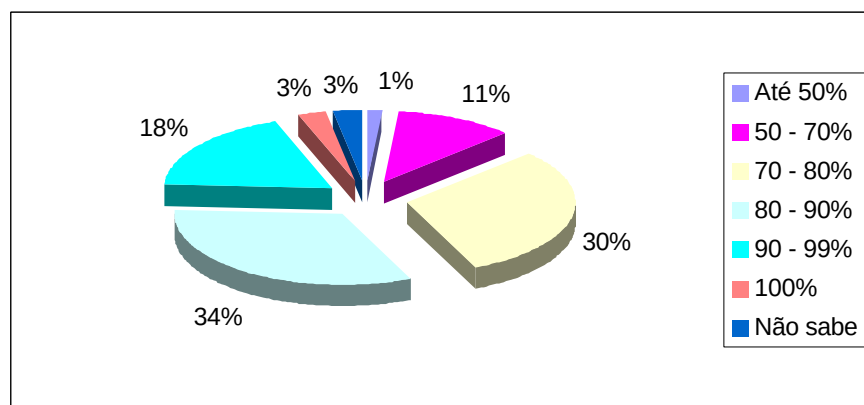
A maior porção do lixo no Estado é composta de material orgânico (55%), a exemplo da maioria dos Estados Brasileiros e dos diversos países do mundo. O plástico (11%) e o papel (10%) também são importantes na composição gravimétrica estadual. O vidro e o metal apresentam os menores percentuais na composição gravimétrica dos resíduos urbanos de Pernambuco (Figura 2.13). Estes percentuais se mantêm relativamente os mesmos entre as regiões de desenvolvimento.



Fonte: SECTMA, (2002)

Figura 2.13 - Composição Gravimétrica dos Resíduos em PE

Todos os municípios do Estado, segundo informações da PNSB (IBGE, 2002), são atendidos pelo sistema de coleta. Na maioria deles (84%) as Prefeituras municipais são as únicas executoras dos serviços de limpeza e coleta de lixo e não há registros no IBGE do consórcio entre municípios, embora alguns venham sendo estudados desde o ano de 2002. Grande parte destes municípios atende mais de 70% dos domicílios. A Figura 2.14 apresenta o percentual de domicílios com lixo coletado. Percebe-se pelo gráfico que 64% das cidades possuem serviço de coleta para mais de 70% dos seus domicílios.



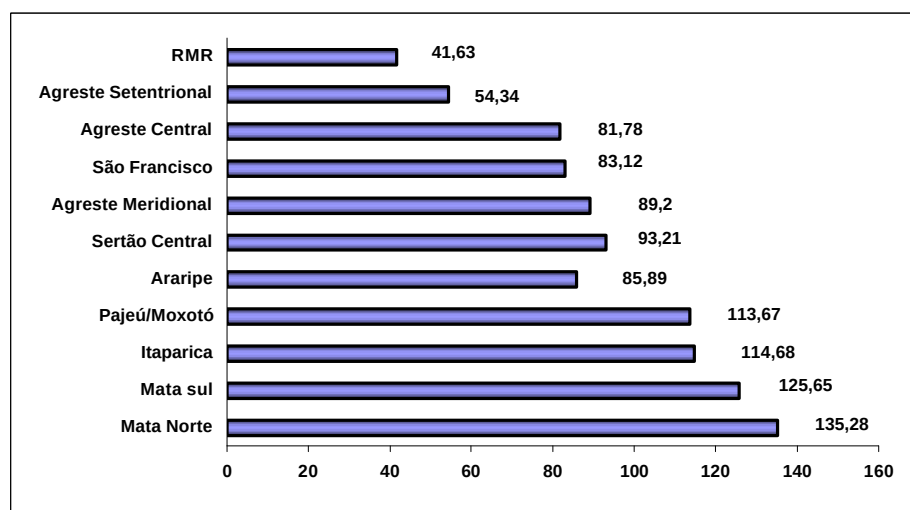
Fonte: IBGE (2002)

Figura 2.14 - Abrangência dos Serviços de Coleta nos Municípios Pernambucanos
(% de domicílios atendidos)

Para atender satisfatoriamente a população, 51% dos municípios cobram pelo serviço. A cobrança é realizada através de uma taxa única lançada juntamente com o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Os demais não cobram pelo serviço. Provavelmente, são os municípios com o pior atendimento à população. Além da referida taxa, uma parcela do orçamento municipal é destinada aos serviços de limpeza urbana e coleta de resíduos. Esta parcela varia, em geral, de 5% a 20%, dependendo do município.

Cerca de 76%, entretanto, destinam até 5% do orçamento para a limpeza urbana, a exemplo da cidade do Recife, 18% dos municípios gastam entre 5% e 10%, 1% despende

entre 10% e 15%, apenas 1 município destina mais de 15% do orçamento e 3% destinam mais de 20%. Os custos com serviços de limpeza urbana em Pernambuco também são diferenciados entre as regiões de desenvolvimento. De acordo com a Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente - SECTMA (2002), os maiores custos médios absolutos estão concentrados nas regiões da Mata Norte e Mata Sul. A RMR apresenta os menores custos (Figura 2.15).



Fonte: SECTMA (2002)

Figura 2.15 - Custo Médio do Serviço de Limpeza Urbana em Pernambuco (R\$)

A maioria dos resíduos é disposta em lixões. Atualmente, existem mais de 200 lixões em operação, 08 aterros controlados (Goiana, Belo Jardim, Sanharó, Recife/Jaboatão, Petrolândia, Garanhuns, Serra Talhada e Petrolina), e um aterro sanitário em Caruaru. Este último era um aterro controlado de 12 hectares que se encontra em fase de transformação para aterro sanitário. De acordo com reportagem veiculada pelo diário de Pernambuco em 2002, o aterro de Caruaru conta com 05 células, que podem ser traduzidas em montanhas de areia construídas de forma ordenada que encobrem o lixo despejado no local. O aterro possui dutos de ar tanto para facilitar a saída do gás metano como para transportar o chorume para a unidade de tratamento. Existem ainda 44 unidades de compostagem, mas apenas as unidades

de Fernando de Noronha, Afogados da Ingazeira e Itapissuma encontram-se em funcionamento.

No que se refere aos resíduos de saúde, existe apenas um incinerador para o seu tratamento. A empresa responsável pela incineração coleta e trata cerca de 220t/mês de resíduos. Este volume representa apenas 20% do total dos resíduos de saúde gerados na Região Metropolitana de Recife. Assim, os resíduos de saúde, em sua maioria, são tratados inadequadamente no Estado, uma vez que a maior parte destes é disposta nos lixões e aterros do Estado.

Nos municípios que possuem grandes áreas e baixa densidade populacional, o potencial de impacto, em geral, é menor, pois as áreas de destinação final localizam-se distantes da zona urbana e longe dos cursos d'água, enquanto que os municípios que possuem áreas menores e densidade populacional elevada, apresentam potencial de impacto médio ou alto.

Com relação ao gerenciamento dos resíduos, o Estado de Pernambuco tem procurado fazer avanços. Até o ano de 1999, haviam sido desenvolvidos alguns instrumentos de gestão de resíduos apenas para a Região Metropolitana. A partir de 1999, procurou-se dimensionar os componentes que deveriam integrar uma Política de Resíduos para o Estado. Este dimensionamento foi iniciado a partir da elaboração de um diagnóstico, que contou com o apoio do Ministério do Meio Ambiente e executado pela SECTMA e pelo GRS da Universidade Federal de Pernambuco. Este diagnóstico foi apresentado em seminários e foram realizadas várias consultas temáticas a diversos grupos envolvidos com a questão dos resíduos. O resultado deste processo foi consolidado em um documento preliminar, o qual culminou no Decreto N° 23.941, de 11 de Janeiro de 2002, que regulamentou a Lei N° 12.008, de 01 de Junho de 2001 que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos.

A partir dos diagnósticos que vêm sendo elaborados ao longo dos últimos anos, o governo do Estado está discutindo ações e intervenções de acordo com as necessidades de cada município segundo a SECTMA (2002), com o intuito de desenvolver ações que proporcionem uma gestão integrada, buscando, sempre que possível, soluções compartilhadas entre os vários municípios. Já estão sendo previstas ações no intuito de transformar 40 dos 200 lixões em funcionamento em aterros sanitários. Para tanto, o Estado contará com o financiamento de instituições nacionais, estaduais e municipais como: Ministério do Meio Ambiente (Fundo Nacional do Meio Ambiente, MMA/ BIRD – PNMA II), SECTMA e Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado de Pernambuco - SEDUPE.

2.8 – A Gestão de Resíduos na Cidade do Recife

Atualmente, o Recife, pertencente à Região Metropolitana do Recife, é a cidade mais populosa do Estado de Pernambuco com 1.421.993 habitantes, representando cerca de 18% da população estadual e 43% da Região Metropolitana, segundo dados censitários do IBGE no ano de 2000. Com uma taxa de crescimento de 1,02%, também é um dos municípios com maior densidade demográfica (6.528,89 hab/Km²), à exceção apenas da vizinha Olinda que apresenta uma densidade de 9.727,33 hab/Km² (Instituto de Planejamento de Pernambuco - CONDEPE, 2001). É uma cidade totalmente urbana e é dividida em 94 bairros.

Na dimensão global do desenvolvimento humano, medido pelo Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M, o município apresentou um crescimento superior a 43% ao longo das últimas décadas. Embora superior ao índice geral de Pernambuco e até mesmo ao do Brasil, segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano do PNUD, e apesar

do crescimento, o Recife não mudou de nível, enquadrando-se sempre como uma área de médio desenvolvimento.

Com características de metrópole de países “em desenvolvimento”, Recife vivencia, quotidianamente, problemas graves de infra-estrutura como as deficiências no abastecimento de água, esgotamento sanitário, precárias condições de habitação e também com a geração indiscriminada de resíduos sólidos e os problemas de limpeza urbana, tratamento e destinação final dos rejeitos.

2.8.1 – A Limpeza Urbana no Recife

Nos dias atuais, o serviço de limpeza urbana na cidade do Recife é administrado por uma Empresa de Administração Direta Municipal, a Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana da Cidade do Recife, a EMLURB. Nem sempre, a EMLURB teve a presente organização. No início da década de 1950, por exemplo, o órgão responsável pela limpeza urbana denominava-se Diretoria de Limpeza Pública e era vinculado à Secretaria de Saúde. Entre os anos de 1954 e 1971, ainda sob controle da Saúde passou a se chamar Departamento de Bem-Estar Público. Entre 1972 e 1975 denominou-se Diretoria de Limpeza Urbana. De 1976 a 1979 passou a Diretoria de Limpeza Urbana, época em que mudou para a Secretaria de Obras, tendo ainda recebido várias denominações e estruturas até chegar à configuração atual.

Na década de 1950, a administração era composta de algumas chefias. Além das chefias administrativa e de coleta, existia ainda a chefia de paisagismo que era responsável pela manutenção das praças públicas e a chefia de cemitérios públicos (Israelita, Santo Amaro, Tejipió). Além destas, o órgão contava ainda com um setor de apreensão de animais

soltos em vias públicas, tesouraria (recolhimento das multas dos animais), um setor de lubrificação e manutenção dos carros de coleta, almoxarifado, fábrica de vassouras, serraria, serralharia, barbearia, alfaiataria e um fábrica de botinas cuja confecção era feita a partir do aproveitamento de pneus velhos. A cidade era dividida em oito setores: Centro (1º e 8º), Santo Amaro (2º), Torre (3º), Casa Forte (4º), Madalena (5º), Afogados (6º) e Boa Viagem (7º).

A coleta nesta época era realizada pela própria prefeitura geralmente em carros do tipo convencional com capacidade de 6.000 Kg. A frota contava ainda com caminhões com carroceria para recolher o material de poda, tratores para a manutenção dos lixões e limpeza de terrenos baldios, carros-pipa e caminhões poliguindaste para o recolhimento de caçambas estacionárias. Os carros levavam cinco trabalhadores, sendo um motorista e quatro coletores. Um destes coletores era responsável pela fiscalização do trabalho no carro a fim de evitar danos, como, por exemplo, evitar o esparramamento de lixo nas ruas e a quebra de muros, danificação de jardins devido ao arremesso descuidado de containeres.

Não havia coleta noturna. A coleta era realizada em dois expedientes, sendo 16 bairros pela manhã e 16 à tarde, abrangendo todos os bairros. No caso do lixo de varrição, em cada setor havia uma caçamba estacionária onde era depositado o lixo coletado em carroças de mão, e todas as tardes, a caçamba era removida para o lixão. Havia caçambas estacionárias também nos mercados públicos. A Diretoria de Limpeza Urbana (DLU) era quem estabelecia locais para a disposição do lixo de varrição no centro do Recife (Madre de Deus, Dantas Barreto, Dom Vital, etc.). Todo o trabalho era realizado dentro de um período de 08 horas. Na década de 1960 todo o lixo era coletado em conjunto, ou seja, o lixo doméstico era coletado conjuntamente com o lixo patogênico e o industrial.

Em 1979, a limpeza urbana saiu das mãos da Secretaria da Saúde e passou, por um breve tempo, para a Empresa de Urbanização do Recife (URB), que pediu um tempo de

carência antes de incorporar definitivamente a DLU. Antes do tempo de carência se extinguir, a URB passou a DLU para a Empresa de Obras do Recife.

Desde o final da década de 1970, quando a DLU saiu da vinculação com a Secretaria de Saúde, vêm ocorrendo diversas modificações. Na DLU foram extintos alguns departamentos de apoio como a serralharia, a serraria, a barbearia, a alfaiataria, o refeitório, o almoxarifado (repassado para o departamento de materiais e bens que engloba todos os órgãos da prefeitura) e a fábrica de vassouras, esta última, posteriormente reativada. Nesta época passou a haver um maior planejamento, com a adoção de programações variadas tais como as operações Quartel, Praia e Mercado Público. Caçambas estacionárias foram destinadas aos hospitais de urgência. Foi criada a operação hospital abrangendo um hospital na Região Norte, dois no Centro e dois na Região Sul. Salienta-se que apenas a coleta era separada, mas todo o lixo era destinado ao mesmo lixão dos resíduos domésticos. Apenas recentemente foram executadas valas para depositar o lixo hospitalar. Foi nesta época que parte do serviço de coleta passou a ser terceirizado. Uma empresa terceirizada passou a responder por 80% do serviço, enquanto a prefeitura permaneceu com 20%.

A EMLURB, atualmente, é dividida em três diretorias (Financeira, de Limpeza Urbana e de Manutenção e Operação) e acumula as funções normativa, fiscalizadora e executora dos serviços de limpeza e coleta do município. A Diretoria de Limpeza Urbana é dividida em três departamentos: Departamento de Planejamento e Apoio Operacional, de Operações e Fiscalização e o de Tratamento e Destino Final, este último subdividido em divisões de aterro e coleta seletiva. No total, a EMLURB conta com 2.997 funcionários, sendo 2.448 do quadro permanente. Na DLU são 574 funcionários. Atualmente, todo o serviço de coleta e transporte é terceirizado. Os 20% de reserva técnica que eram de responsabilidade da Prefeitura, foram repassados para as empresas CAEL e Andrade Guedes.

A coleta é realizada com o uso de caminhões-caçamba e compactadores. O caminhão compactador é usado nas ruas mais planas, largas e pavimentadas, enquanto que o primeiro tipo se destina às áreas de pior acesso.

As caçambas estacionárias deixaram de ser utilizadas, mesmo em locais de difícil acesso. Nestes, a antiga coleta porta a porta era realizada com carroças manuais e despejada nas referidas caçambas, deixadas em pontos específicos para posterior remoção pela coleta domiciliar mecanizada. Entretanto, dificuldades de execução da operação de transbordo e o despejo do lixo fora dos containeres exigiram que uma nova solução fosse implantada.

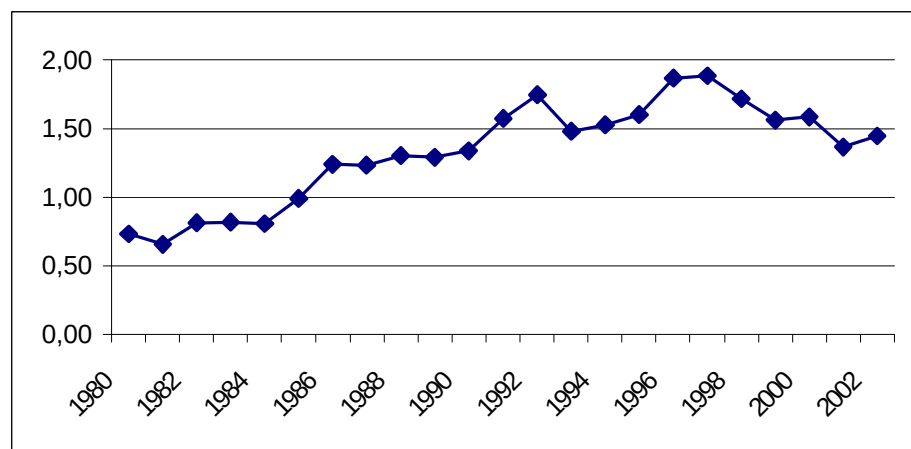
“O novo sistema de coleta domiciliar alternativa, definido como coleta manual ensacada, é relativamente simples e fundamenta-se no modelo anterior. A diferença consiste na implementação do uso de sacos plásticos resistentes, com capacidade para até 100 litros, para o acondicionamento dos resíduos domiciliares entregues aos garis, bem como do uso de equipamentos adequados a cada comunidade atendida pelo serviço de coleta, para o transporte do material coletado aos pontos de confinamento previamente cadastrados, onde os sacos são diretamente dispostos em vias públicas e posteriormente removidos através de veículos coletores da coleta domiciliar convencional mecanizada (JUCÁ *et al.*, 2000).”

A frequência da coleta é diária e foi implantada a coleta noturna em áreas de comércio e de maior movimento, com exceção dos locais onde é aplicado o sistema de coleta ensacada.

2.8.2 - A Coleta de Resíduos no Recife

Conforme já comentado anteriormente, toda a coleta e transporte dos resíduos da cidade do Recife até o final da década de 1970 e início da década de 1980 era totalmente realizada pela prefeitura. Após este período, a execução dos serviços passou a ser dividida com a Enterpa. A partir da última gestão, a prefeitura deixou completamente a execução dos serviços de coleta que passou a ser 100% terceirizada. Em média, são coletadas 2.000 toneladas por dia, totalizando mais de 620.000 toneladas anuais.

A quantidade coletada atual é cerca de seis vezes maior do que a coletada no início dos anos 1980. Há de se observar, entretanto, que apesar da quantidade de resíduos gerados ter aumentado ao longo destes anos, a partir do ano de 1986 pôde-se constatar que houve uma constância em termos de geração *per capita*. Em 1980, por exemplo, a geração *per capita* era de 0,73 kg/hab/dia, enquanto que em 2000 este índice era de 1,59 kg/hab/dia, um valor acima da média da Região Metropolitana que é de 1,24kg/hab/dia (Figura 2.16).

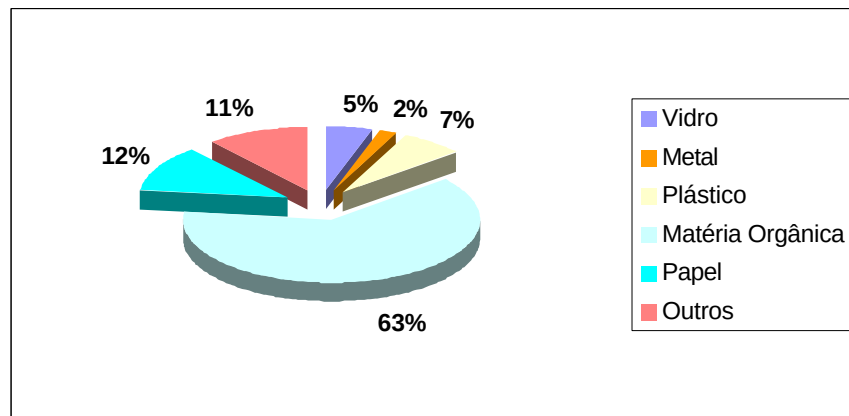


Fonte: EMLURB

Figura 2.16 - Geração Per Capita de Resíduos na Cidade do Recife (Kg/hab/dia)

Outro fator a considerar-se na análise anterior é que os dados na realidade se referem à quantidade de resíduos coletados e não à geração efetiva de resíduos. Estes valores só se equiparam completamente por volta do ano 2000. Na década de 1990, por exemplo, o percentual da população atendida pela coleta era de 95%, não significando, portanto, que os resíduos gerados por pessoa na cidade aumentaram em 100%.

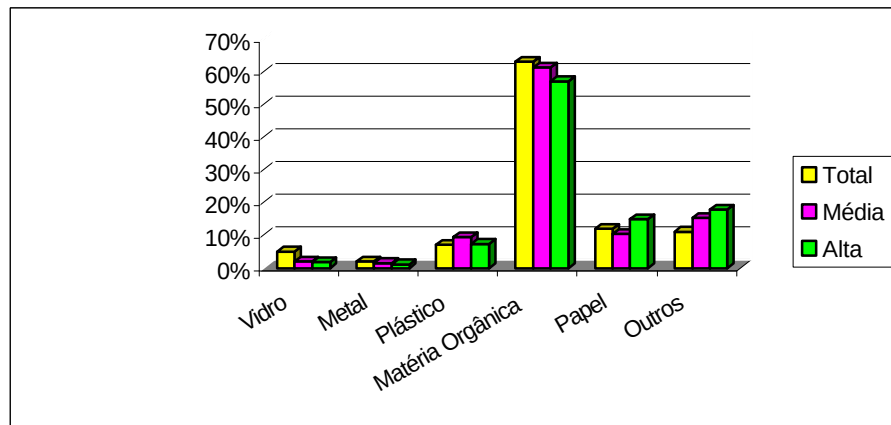
A composição dos resíduos na cidade do Recife não tem sofrido variações significativas ao longo do tempo. A Figura 2.17 apresenta a composição gravimétrica atual dos resíduos em Recife.



Fonte: EMLURB

Figura 2.17 - Composição Gravimétrica dos Resíduos em Recife

Em 1994, a prefeitura iniciou um estudo para a determinação da composição e das características físico-químicas dos resíduos sólidos urbanos resultantes das atividades domiciliares cotidianas no Recife. A questão socioeconômica da população foi considerada um fator determinante para a definição das áreas estudadas. Desse modo, a cidade foi dividida da seguinte forma: residencial alto, residencial médio e residencial baixo. Os estudos concluídos foram os referentes às áreas de residencial alto e médio (PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 1999). A Figura 2.18 mostra uma comparação entre a composição atual e as composições das áreas residenciais média e alta.

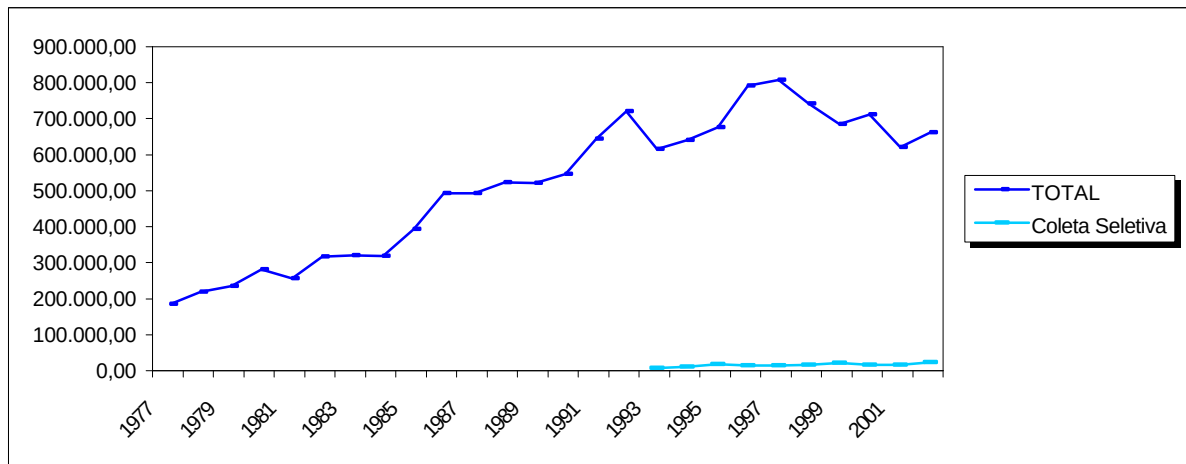


Fonte: EMLURB

Figura 2.18 - Composição Gravimétrica de Recife e Bairros de Classe Média e Alta

2.8.3 – A Coleta Seletiva em Recife

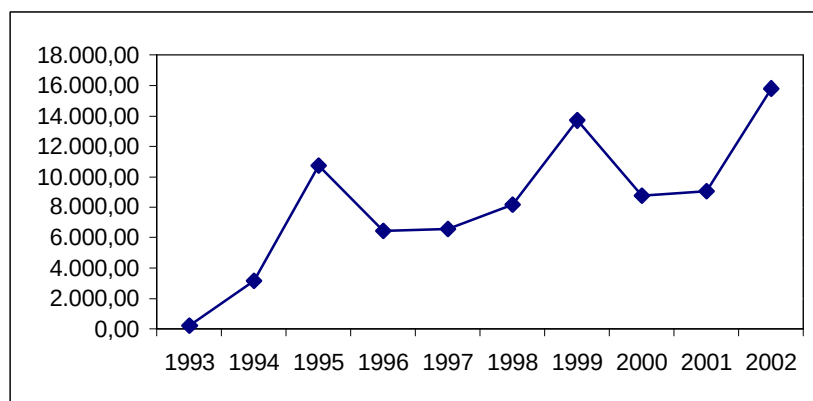
Como é possível observar pela Figura 2.17, os resíduos produzidos na cidade do Recife apresentam um potencial de reciclabilidade da ordem de 26% (vidro, metal, plástico e papel). Entretanto, de acordo com informações da EMLURB, apenas 0,3% do chamado lixo seco da cidade é reciclado (Figura 2.19). Esta situação já foi bem pior. Até o ano de 1993 não havia qualquer tipo de iniciativa de coleta seletiva, até que a Prefeitura do Recife, através da EMLURB, optou por atacar o problema dos resíduos sólidos por meio de apoio às entidades filantrópicas e aos catadores, dando início assim aos programas de coleta seletiva na cidade desde o ano de 1993.



Fonte: EMLURB

Figura 2.19 - Quantidade Total Coletada x Coleta Seletiva (t)

O crescimento da coleta seletiva não tem sido uniforme durante o tempo, apresentando picos em alguns anos. De acordo com os técnicos da EMLURB, estes picos ocorrem quando a prefeitura realiza um maior investimento em marketing sobre os programas de coleta, denotando que o cidadão recifense precisa ser estimulado para poder reciclar (Figura 2.20).



Fonte: EMLURB

Figura 2.20 - Coleta Seletiva em Recife (t)

Atualmente, o Projeto de Apoio ao Setor Informal de Coleta Seletiva dirige-se a dois grupos distintos que atuam no contexto metropolitano, nas atividades de seleção de materiais

recicláveis – os catadores/carroceiros de rua e os catadores/trapeiros do aterro. Estes dois grupos, constituídos em sua maioria por pessoas analfabetas, desconhecem os riscos aos quais estão expostos, e as perspectivas de trabalho. Um levantamento realizado em setembro de 1998 identificou cerca de 1.000 carroceiros, 60% deles concentrados no centro do Recife (PCR, 1999). De acordo com a EMLURB, o referido projeto tem sido implantado a partir de vários programas, os quais são comentados a seguir.

1 – Coleta Seletiva Porta a Porta – Projeto RecicLAR

Este projeto foi implantado no ano de 1999 com o objetivo de integrar os catadores nos programas de coleta seletiva com parceria de uma ONG da Obra de Frei Francisco, a Associação dos Trapeiros de Emaús.

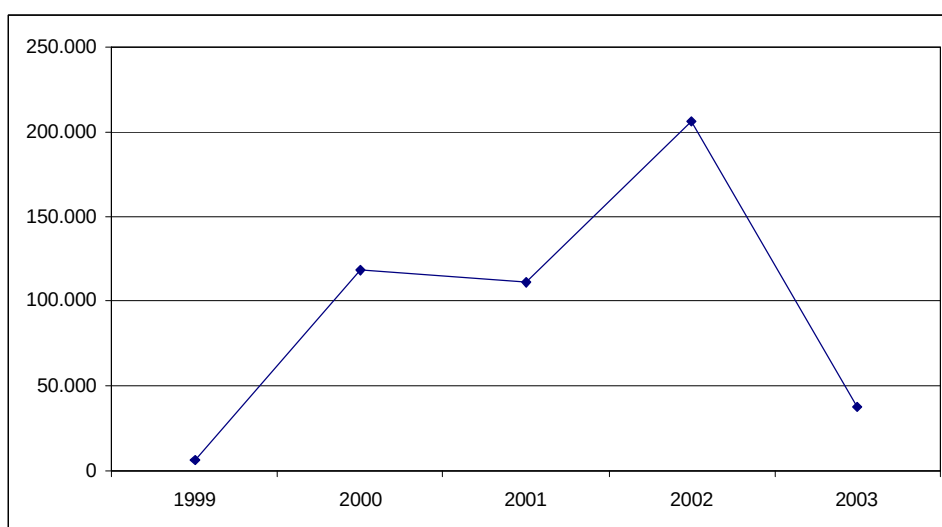
O projeto previu uma área inicial para servir como piloto, possibilitando a realização de estudos de viabilidade para ampliação das áreas. A área escolhida abrangeu dois bairros de classe média alta (Torre e Madalena), em função do comportamento participativo dos moradores destes bairros, detectados em outros programas, e a coleta era realizada às segundas, quartas, terças e sextas, sempre às 14:00.

De acordo com Costa & Jucá (2000), o plano de coleta contempla a remoção porta a porta dos materiais recicláveis devidamente acondicionados em recipientes de até 100 litros. Como existe uma parceria com os Trapeiros de Emaús, além dos materiais recicláveis usuais, também é recolhido material volumoso e inerte como: móveis, utensílios eletro-eletrônicos inservíveis, os quais são recuperados pela entidade com o objetivo de reutilização pela população menos abastada. Todos os materiais recicláveis coletados são entregues aos “Trapeiros de Emaús” que se responsabilizam pela triagem e comercialização dos recicláveis

com as indústrias recicladoras na Região Metropolitana. Os materiais recuperados são comercializados em bazares, cabendo aos trapeiros todo o lucro da venda.

O projeto RecicLAR foi expandido recentemente e abrange atualmente 13 bairros da capital pernambucana. O caminhão passa pelo menos uma vez por semana em cada bairro. Os resíduos recolhidos nas segundas, quartas e sextas-feiras são encaminhados a uma central de triagem no Curado. E aqueles coletados às terças, quintas e sábados são destinados aos Trapeiros de Emaús.

Apesar dos esforços, a coleta seletiva ainda não recebeu a adesão esperada da comunidade. A EMLURB credita a frustração com o projeto, até o momento, à falta de uma maior educação ambiental a respeito dos benefícios que a reciclagem poderia trazer a toda a sociedade. Além disso, ainda há uma certa confusão entre o que é reciclável ou não. Cerca de 25% do lixo recolhido como reciclável é composto de matéria orgânica (JORNAL do COMÉRCIO, 2004). A Figura 2.21 apresenta a evolução da coleta seletiva desde a sua implantação. Salienta-se que o programa foi implantado em 11/12/1999 e o quantitativo apresentado no gráfico referente ao ano de 1999 corresponde ao período de 13 a 31 de dezembro.



Fonte: EMLURB

Figura 2.21 – Evolução da Coleta Seletiva no Projeto RecicLAR

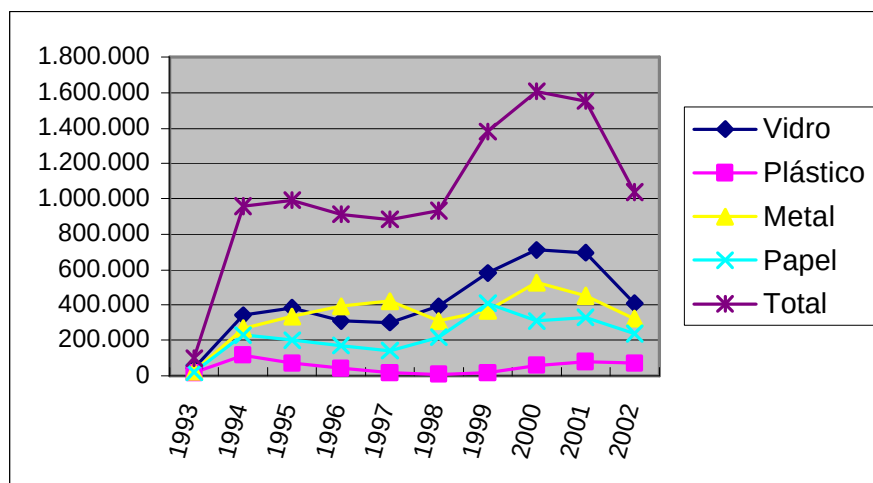
Outra parceria firmada, embora de modo informal, com os trapeiros do Ibura (grupo de ex-catadores do aterro) no ano de 2001 visava a coleta seletiva no bairro do Ipsep e na Vila da SUDENE por dois dias semanais.

2 – Coleta Seletiva Comunitária

A coleta seletiva comunitária é realizada em comunidades de baixa renda onde não é possível passarem os carrinhos de mão para realizar a coleta manual ensacada. A principal intenção da prefeitura com este programa era fazer o lixo sair da comunidade.

Para tanto foi realizada uma triagem nas comunidades e foram delimitadas as áreas mais necessitadas. Assistentes sociais cadastram os interessados em participar da coleta. Eram marcados dias específicos, quando eram levadas balanças para coletar os resíduos recicláveis. Em locais de acesso ao caminhão eram instalados containeres para a disposição da matéria orgânica. Em troca de materiais recicláveis as pessoas recebiam alimentos doados pela Companhia de Abastecimento do Recife (COMPARE). Com o passar do tempo, algumas pessoas da comunidade passaram a estocar o lixo em suas residências para trocá-los por alimentos apenas nos dias em que houvesse gêneros alimentícios específicos que lhes fossem convenientes. Para evitar a escolha de alimentos, desvirtuando o principal objetivo do programa que é a retirada regular do lixo da comunidade, a prefeitura passou a trocar os materiais recicláveis por tickets alimentação no valor de R\$1,20 para cada 15Kg de material reciclável. No caso de sucatas o volume aumenta para 30Kg.

Com exceção do trabalho realizado pelos trapeiros do aterro, este é o programa que mais tem surtido efeito em termos de quantidade de material reciclável coletado (Figura 2.22). Houve ainda entre os anos de 1996 e 1998 um outro programa comunitário, entretanto este foi gerenciado pela própria comunidade e não vingou.



Fonte: EMLURB

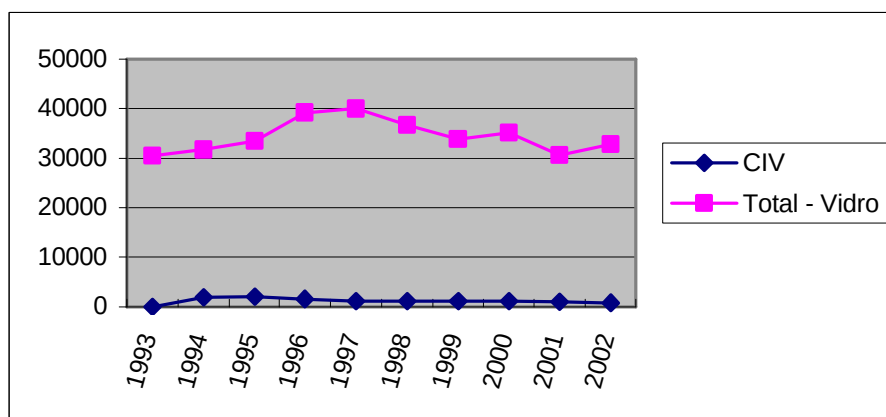
Figura 2.22 - Coleta Seletiva Comunitária (Kg)

3 – Programas Diversos de Coleta Seletiva

A Prefeitura do Recife tem realizado vários programas específicos de coleta seletiva, por si ou em parceria com diversas entidades, a fim de estimular a redução de resíduos destinados ao aterro. Um dos programas criados com apoio da prefeitura através da EMLURB é a coleta seletiva nos condomínios. Este tipo de programa é realizado pelos próprios condôminos. A EMLURB participa deste programa através da realização de palestras educativas, indicações de locais de compra dos materiais recicláveis e entidades que recebem doações.

No caso da coleta em escolas, a EMLURB também realiza palestras, no intuito de sensibilizar professores e alunos quanto à necessidade de mudança no seu comportamento enquanto geradores de resíduos. As escolas que se interessam, implantam a coleta seletiva em seus estabelecimentos. Até pouco tempo atrás, a EMLURB disponibilizou containeres com formatos especiais que capturavam a atenção das crianças para a reciclagem.

Com relação às latas de alumínio, a LATASA liderou entre os anos de 1998 a 2000 a campanha SOS Lata, tendo conseguido coletar cerca de 200 toneladas de material reciclável no referido período. No caso do vidro, a Companhia Industrial do Vidro (CIV) implantou um programa em parceria com a Prefeitura do Recife em 1993 denominado Vidro Novo de Novo, o qual acabou em 2001, embora os containeres usados no programa permaneçam até hoje, principalmente em postos de gasolina de Boa Viagem a pedido dos próprios comerciantes. A CIV atualmente é a única empresa que comercializa o material, sendo receptora dos diversos depósitos e cooperativas que o revendem. A Figura 2.23 a seguir apresenta uma comparação entre todo o vidro recolhido pela CIV e o potencial de vidros recicláveis da cidade.



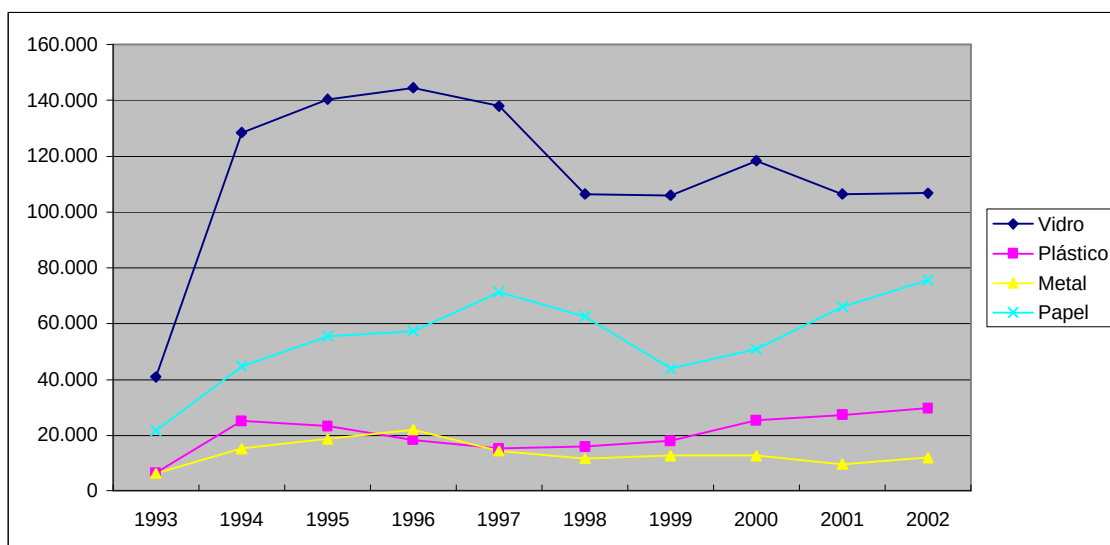
Fonte: EMLURB

Figura 2.23 - Coleta Seletiva de Vidros – Potencial x Coleta da CIV (Kg)

Para estimular a reciclagem voluntária dos resíduos, a prefeitura implantou a coleta seletiva voluntária, mediante a instalação de Postos de Entrega Voluntária (PEVs) em locais

de maior fluxo de pessoas e veículos para a entrega de recicláveis coletados pelos cidadãos. Cada container apresenta uma cor específica de acordo com o tipo de material coletado (verde-vidro, amarelo-metal, azul-papel e vermelho-plástico). Os materiais coletados são encaminhados para o Centro de Tratamento da EMLURB no Curado, para a triagem.

Entre os materiais coletados nos PEVS, os predominantes são o vidro e o papel. Este comportamento tem se mantido constante desde o ano de sua implantação. Também não têm variado significativamente as quantidades de material coletado no programa, como é possível perceber na Figura 2.24, a despeito de algumas oscilações entre os anos, conforme já comentado anteriormente, devido a um maior ou menor investimento em campanhas publicitárias.

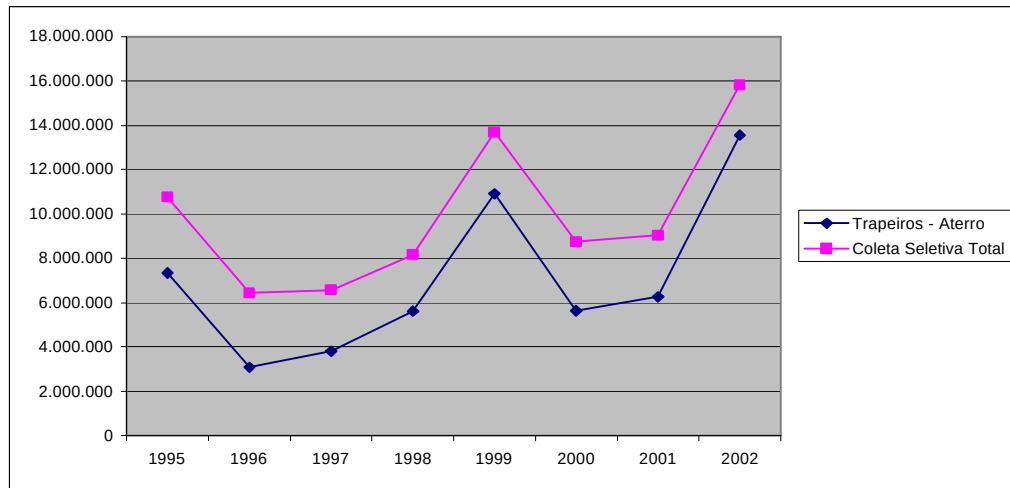


Fonte: EMLURB

Figura 2.24 - Coleta Seletiva (PEVs) por Tipo de Material (Kg)

Apesar dos diversos programas implantados e da presença de catadores por toda a cidade, sem sombra de dúvida é no Aterro da Muribeca que a maioria dos materiais é coletada. No ano de 2002, por exemplo, das 15.800 toneladas de material reciclável coletadas, 85,7% foram coletadas pelos trapeiros do aterro (Figura 2.25). Este é um dado preocupante

uma vez que a presença de catadores nos aterros se constitui em um dos graves problemas sociais da cidade, quiçá do país.



Fonte: EMLURB

Figura 2.25 - Coleta Seletiva Total x Trapeiros (Kg)

2.8.4 - Os Catadores: Um Problema Social

A coleta seletiva informal já é bem conhecida e faz parte do cotidiano da população recifense. Diariamente, são vistos catadores nas ruas da cidade, das mais diferentes idades, desde crianças até pessoas com 80 anos. A hora de maior atividade dos catadores é à noite, período em que há uma maior quantidade de recipientes nas ruas. Todos os tipos de material servem para que encham suas carroças, e levem-nas aos depósitos onde vão obter a única fonte de renda familiar. Como a coleta dos catadores é feita antes do lixo ser recolhido pelos caminhões compactadores, estes provavelmente gozam de algumas vantagens relativas à qualidade e disponibilidade dos resíduos em relação aos coletados no aterro. O trabalho é diário com exceção do domingo e eles ganham de R\$15,00 a R\$20,00 por noite trabalhada.

A maior concentração dos catadores ocorre nos bairros de classe média e alta (Espinheiro, Rosarinho, Graças, Casa Forte e Boa Viagem), principalmente nas áreas onde há edifícios que depositam, obviamente, uma maior quantidade de resíduos em comparação com áreas predominantemente compostas de residências.

A prefeitura da cidade do Recife vem despendendo esforços para ajudar os catadores de rua a saírem da marginalização em que se encontram, através da implantação de Núcleos de Apoio ao Setor Informal. Este projeto visa o resgate da cidadania do catador por meio da criação de centros de coleta seletiva para beneficiamento e comercialização. De acordo com Macedo (2003), a idéia da prefeitura é tornar os catadores capazes de gerenciar e negociar seus próprios materiais, tornando-os independentes da prefeitura e aptos a conseguirem seu próprio sustento, independentemente da gestão municipal.

Em abril de 2003 começou a funcionar o Primeiro Núcleo de Coleta Seletiva de Lixo em Boa Viagem. Este projeto visou beneficiar cerca de 30 catadores que moram no Padilha. De acordo com reportagem veiculada no Jornal do Comércio em 24 de abril, a EMLURB decidiu colocar o projeto em prática porque se trata de uma área crítica, onde os trabalhadores estavam trabalhando com lixo orgânico e até juntando, para reciclagem, papel higiênico descartado em conjunto com papel branco.

No mês de novembro de 2003, começou a funcionar um outro núcleo de triagem de material reciclável. O espaço funciona como uma central de recebimento de papel, papelão, latas, plástico e vidro, recolhidos por catadores da Zona Sul. Está prevista a implantação de mais quinze pontos de triagem pela cidade com a inauguração de um deles no ano de 2003 no Bairro de São José. Um termo de compromisso para a implantação do Projeto de Incubadoras de Cooperativas de Catadores de Lixo da Cidade do Recife foi firmado entre a Prefeitura do Recife e as Universidades Federal de Pernambuco (UFPE), de Pernambuco (UPE) e Católica (Unicap). O documento, que também será assinado pelo representante da Fundação

Interuniversitária de Estudos e Pesquisas sobre o Trabalho (Unitrabalho), sediada em São Paulo, integra ações do Projeto de Redução e Tratamento do Lixo do Município (JORNAL DO COMÉRCIO, 2003).

Além do grande número de catadores nas ruas do Recife, é também elevado o contingente de catadores trabalhando no Aterro da Muribeca. A última PNSB (IBGE, 2002) constatou a presença de 73 catadores residindo no aterro, sendo 25 deles menores de 14 anos. Um levantamento realizado pelo Grupo de Resíduos Sólidos (GRS) da UFPE no mesmo período constatou que 50 famílias residiam no aterro. No total, Recife e Jaboatão, município onde está situado o Aterro da Muribeca, possuem uma população estimada em mais de 1.500 catadores.

A presença de crianças e adolescentes no aterro tem sido um problema a mais no aterro. Em maio de 2002 foi montado um esquema para retirar 318 jovens que trabalhavam no aterro, os quais foram cadastrados para serem incluídos em programas sociais. Entretanto, mantê-los afastados do aterro não tem sido fácil. A maioria destes jovens é arrimo de família e não tem outra forma de conseguir seu sustento. Cerca de 90% deles voltaram para o aterro. Para garantir que os jovens se afastem do aterro, foi montada uma barreira do Batalhão da Polícia Rodoviária na PE-25 para fiscalizar os carros que se dirigem ao aterro. Além desta providência, a Polícia Militar realiza rondas nas células do aterro.

Em 2003 foi firmado um convênio entre a Prefeitura do Recife e Governo do Estado para garantir uma guarda permanente com 30 policiais, cuja função é impedir o trabalho infantil e solucionar outro problema surgido no aterro que vem a ser a violência entre os catadores e o uso do local como esconderijo de presidiários fugitivos. De fato, funcionários do local e os próprios catadores afirmam que, apesar da maioria dos catadores estarem ali para garantir o pão de cada dia, havia os violentos e também os assaltantes convivendo entre eles. Os funcionários inclusive vinham sofrendo constantes ameaças.

A fim de melhorar a vida destes catadores, a prefeitura estimulou um grupo de 55 catadores, em parceria com uma ONG da Bélgica, a formar uma associação. Foi montado um galpão e adquirida uma máquina de prensa, entre outros equipamentos. Com esta associação, a produção é vendida diretamente à indústria, sem a presença de atravessadores, com o auxílio de um caminhão cedido pela EMLURB.

2.8.5 – O Problema Ambiental: A Destinação Final

Durante a década de 1950 até a década de 1970, os resíduos da cidade do Recife eram depositados em um lixão na Rua da Regeneração em Água Fria. Além do lixão, no referido período existiam ainda fornos crematórios, sendo um na Rua do Pombal, quatro em Casa Amarela, no Pacheco e em Tejipló. O forno da Rua do Pombal era destino do lixo de varrição do centro da cidade.

Em Casa Amarela os fornos eram localizados no alto do morro. Um gari era responsável por jogar o lixo no forno. Estes fornos foram a princípio instalados a uma distância considerável das residências. Entretanto, várias áreas foram invadidas e a população dos altos começou a construir suas casas nas proximidades dos fornos. Como os fornos não foram aperfeiçoados a fim de reduzir a poluição que causavam, conseqüentemente a população começou a se queixar de doenças provocadas pela poluição. Assim, a administração seguinte, diante do volume de reclamações, decidiu paulatinamente acabar com os fornos. O forno de Tejipló foi um dos que mais demorou a ser desativado, existindo alguns queimadores até hoje.

Durante a década de 1960, foram implantadas duas usinas de triagem e compostagem do lixo orgânico, uma no Curado e outra no Caçote. A usina do Curado (Usina de Lixo Gonçalves Cavalcanti) existe até hoje e comportava um crematório de animais e também recebia lixo doméstico. Atualmente, só funciona como crematório de animais. Na usina do Caçote era realizada a separação de material reciclável e era produzido composto orgânico. Esta usina durou até o início da década de 1980 e foi interditada, pois a constante presença de urubus ao redor atrapalhava o tráfego do Aeroporto dos Guararapes que fica nas proximidades. Era composta de várias câmaras de tratamento anaeróbio e várias células que armazenavam o lixo até ser compostado. A usina funcionava onde hoje está erguido o prédio da DLU. Nesta época, o forno da Rua do Pombal já havia sido desativado também.

No final da década de 1960 e início da década de 1970, o lixo de Recife deixou de ser depositado na Rua da Regeneração e passou para o aterro da Mumbeca localizado em Paulista. O aterro da Mumbeca era um aterro controlado que funcionou até 1979, quando o lixo passou a ser deposto em Prazeres em um terreno cujo dono era o mesmo da Mumbeca. Houve uma invasão de catadores no lixão de Prazeres e a prefeitura mudou o lixão, em caráter emergencial para uma área também em Prazeres, atrás de um cemitério, onde o lixo era depositado em valas escavadas com uma pá carregadeira e depois cobertas com uma camada de areia. Por volta do ano de 1984, o lixo passou a ser depositado no aterro da Muribeca, área utilizada até hoje para a disposição dos resíduos sólidos de Recife e Jaboatão dos Guararapes.

O aterro da Muribeca é o maior em operação na Região Metropolitana do Recife, estando situado no município de Jaboatão dos Guararapes a 15 km do Recife em uma área de 60 ha, distante 1Km dos núcleos habitacionais e a 500m de cursos d'água. Entre os anos de 1985 e 2001 foram acumulados cerca de oito milhões de toneladas de lixo entre resíduos domésticos, industriais e hospitalares, tendo atingido uma altura de 25 metros. De 1985 a 1994, o aterro era um lixão onde os resíduos eram depositados sem qualquer cuidado especial.

A partir de 1994, a EMLURB iniciou um programa de recuperação da área através de técnicas de biorremediação, começando o processo de transformação de lixão para aterro controlado. Para tanto, foram construídas nove células com dimensões de 200x200m, e espessura variável entre 20 e 30 metros, e instaurados tratamentos de recirculação do chorume nas referidas células. Todo o lixo das células é compactado e coberto por barro. Além destas providências, o aterro ainda é constantemente monitorado.

O GRS é um grupo de pesquisa da UFPE responsável pelo referido monitoramento, coordenado pelo Professor José Fernando Jucá, e conta com uma equipe multidisciplinar formada por diferentes tipos de profissionais tais como engenheiros, químicos e geólogos. O GRS possui atualmente um dos mais bem equipados laboratórios do país. O monitoramento ambiental segue uma metodologia de amostragem de líquidos, sólidos e gases.

O monitoramento físico define a vulnerabilidade do solo à contaminação e inclui levantamentos geológicos e planialtimétricos. O monitoramento do meio líquido inclui a análise de parâmetros de qualidade ambiental de águas superficiais e subterrâneas em pontos aleatórios do aterro. Estudos hidrológicos avaliam o potencial risco dos recursos hidrológicos da região e controles de vazão avaliam o potencial poluente do chorume do aterro. No caso dos sólidos, são obtidos parâmetros de massa sólida em decomposição em função da idade e composição do lixo.

A partir do monitoramento realizado, constatou-se que as águas subterrâneas não estão contaminadas, pois existe um embasamento cristalino de rochas graníticas e gnáceas que impedem a passagem de chorume para as águas. A contaminação do Rio Muribequinha apresenta níveis toleráveis nos períodos chuvosos e um pouco mais altos no verão. No Rio Jaboatão, a contribuição de contaminação é reduzida, pois a maioria dos contaminantes já foi absorvida pelo Rio Muribequinha. Com relação aos gases, é feito um controle dos gases produzidos, os quais têm apresentado baixa velocidade de decomposição.

No ano de 2002, foi inaugurada uma Estação de Tratamento de Chorume (ETC) destinada ao tratamento biológico do líquido resultante da decomposição do lixo, com uma área de 21.146m². Esta estação tem capacidade de receber em média 3000 toneladas de resíduos por dia.

A estação, que custou R\$2,3 milhões, é formada por cinco lagoas de estabilização que funcionam como uma espécie de filtro de limpeza do chorume. Antes de ser lançado ao rio Jaboatão, o chorume é lançado em uma barreira bioquímica, formada de plantas que absorvem o resto das substâncias tóxicas. Todo o processo dura cerca de 40 dias. Espera-se, com esta estação, reduzir em até 80% o índice de contaminação antes de o chorume ser lançado no rio Muribequinha, garantindo uma melhor qualidade de vida à população (em especial às comunidades que habitam a cerca de 1Km do aterro) e a preservação do meio ambiente.

Atualmente, o aterro controlado se encontra em processo de transformação para aterro sanitário. Apesar das providências que estão sendo tomadas para transformação de aterro controlado em sanitário, o aterro da Muribeca apresenta ainda outros problemas. Devido a seus 18 anos de utilização, o aterro encontra-se em vias de esgotamento. Das nove células existentes, sete já se encontram completamente ocupadas e as duas restantes encontram-se próximas à saturação.

Para solucionar temporariamente este problema, o grupo de Gestão Compartilhada do Aterro propôs um projeto que utilizaria as vias de acesso por onde passam os caminhões, o que garantiria mais 10 ou 12 anos de uso. Esta solução já foi implantada e a vida útil do aterro já está garantida por mais alguns anos. Outro projeto para prolongar a vida útil do aterro seria a desapropriação de 64 hectares ao lado do aterro, o que asseguraria a utilização por mais 20 ou 30 anos. Entretanto, este projeto não foi aprovado e estão procurando soluções alternativas.

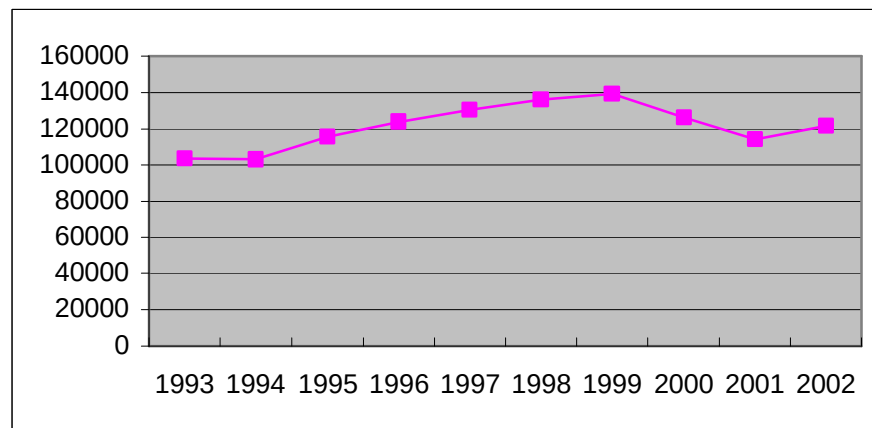
2.9 – A Gestão de Resíduos no Município de Jaboatão dos Guararapes

No município de Jaboatão, o órgão responsável pela limpeza urbana é a Coordenadoria de Limpeza Urbana da Prefeitura de Jaboatão (COLURB). É um órgão que não apresenta uma grande dimensão e possui um quadro de 633 funcionários. O corpo técnico principal é formado pelo coordenador de limpeza urbana, o gerente e um técnico que atua na área operacional. O serviço de limpeza urbana é realizado por três firmas terceirizadas: a Construtora RN (Ricardo Neves) responsável por Piedade, Candeias e Prazeres, a Locar Saneamento Ambiental que cobre o Centro de Jaboatão, e a GEL Garanhuns que atua em Cavaleiro.

A coleta é realizada diariamente na maioria das áreas e alternada em locais de menor geração de resíduos. A cobertura do serviço não é total. Segundo Josias Lima da COLURB, o serviço de coleta atende a 80% da população, sendo diária em cerca de 60% da primeira área, 40% da segunda e 50% da terceira área. Existem locais, entretanto, a exemplo da Estrada da Batalha, onde a coleta, além de ser diária, é executada duas vezes ao dia. O transporte é feito por meio de caminhões compactadores com capacidade variável entre oito e doze toneladas. O trabalho é realizado por três garis coletores e um motorista para cada veículo.

Além da coleta convencional, também é realizada a coleta manual ensacada nas áreas de difícil acesso. Este tipo de coleta é realizada por garis que fazem o trabalho porta a porta e transportam o material coletado em containeres espalhados por pontos estratégicos, os quais são recolhidos posteriormente através da coleta mecanizada. O transporte dos resíduos para os containeres é realizado através do uso de carroças e carros de mão em lugares mais planos ou por bangüês (tonéis de 200 litros carregados por dois homens) em morros com escadarias.

Atualmente, o município de Jaboatão gera cerca de 15% a mais de resíduos em relação ao que era produzido no ano de 1993. Para se ter uma idéia a geração de resíduos nesta época girava em torno das 9.600 toneladas mensais (Figura 2.26). Atualmente, a COLURB estima que esta geração seja de 12.000 t/mês. Como os resíduos são depositados em conjunto com a cidade do Recife, considera-se que ambos possuem a mesma composição gravimétrica, embora os técnicos da COLURB acreditem que o potencial de material reciclável seja ligeiramente maior chegando aos 40%.



Fonte: COLURB

Figura 2.26 – Evolução da Geração de Resíduos em Jaboatão dos Guararapes (t)

No município não existem ainda programas de coleta seletiva, ao contrário do Recife que já possui cerca de dez anos de experiência. Já foram realizados alguns estudos de coleta seletiva, entretanto todos eles foram vetados. Atualmente, a prefeitura em parceria com o Sindicato da Habitação (SECOVI) está lançando um programa de coleta seletiva em condomínios. O convênio foi firmado com seis prédios da cidade que vão separar resíduos para serem reciclados. A prefeitura irá coletar o material e doar para Organizações Não Governamentais (ONGs).

Os resíduos do município são depositados no aterro da Muribeca. Até o ano de 2001 a gestão era realizada apenas pela cidade do Recife. Desde o ano de 2002, o aterro passou a ser

administrado sob a forma de gestão compartilhada. À cidade de Jaboatão ficou a incumbência de acompanhamento do material que entra no aterro, mas sem uma ação mais efetiva, além do acompanhamento social aos catadores que trabalham no aterro. Ao Recife coube toda a parte operacional e o Estado dá apoio com relação à infra-estrutura.

O município apresenta sérios problemas sociais. Com uma população de 419.479 habitantes (IBGE, 2000), a cidade apresentou um índice de mortalidade infantil de 38,99% e um índice de analfabetismo de 20% na faixa etária acima de 15 anos. Com estes índices, pode-se concluir que existe uma mão-de-obra desqualificada significativa na região contribuindo para o aumento nas taxas de informalidade. Desempregados e sem qualificação profissional, os trabalhadores se viram obrigados a procurar formas alternativas de rendimento. Desta forma, dos cerca de 1.000 catadores que trabalham diariamente no aterro da Muribeca, 89% residem em Jaboatão e apenas 9% são do Recife. A prefeitura não tem nenhum programa para reinserir estes trabalhadores no mercado formal. Todas as iniciativas são da cidade do Recife e do Governo do Estado.

2.10 – Considerações Finais

Uma vez delimitadas as situações de gestão na maioria dos Continentes, pode-se chegar a algumas conclusões. A maioria dos países da Europa encontra-se em um estado avançado na gestão dos resíduos. O gerenciamento tem sido orientado nestes países a partir de uma estrutura hierárquica para a gestão de resíduos, composto por três níveis: a minimização, a reutilização e a reciclagem. Apesar das recomendações e esforços para reduzir o volume disposto em aterros, os elevados índices de consumo não permitiram que a redução tenha sido significativa.

Um fato significativo relacionado à geração e composição dos resíduos na América Latina tem ocorrido na Argentina. Neste país tem havido constantes reduções na geração de resíduos. A diferença entre a quantidade de lixo disposto no lixão, entre julho de 2002 e julho de 2001, foi de -25,3%. Entretanto, esta queda na geração argentina não se deveu à eficiência de políticas de gestão implantadas e sim à crise econômica que tem assolado o país nos últimos anos. Os mais de quatro anos de recessão provocaram uma queda no consumo e, conseqüentemente, na produção per capita de lixo. Paralelamente, a desvalorização cambial tornou rentável a reciclagem e aumentou substancialmente a quantidade de catadores, fazendo com que os índices de reciclagem do país alcançassem o patamar dos 10% a 13%, percentual este similar ao dos países desenvolvidos.

Exceto este caso particular, em que o consumo foi reduzido apenas em função de fatores econômicos, e não por políticas de gestão adequadas, a realidade é que os países da América Latina se encontram ainda na transição entre a primeira e a segunda fases da gestão de resíduos. Os aterros ainda predominam e o interesse em implantar plantas de incineração e compostagem ainda é pequeno.

No que se refere ao gerenciamento dos resíduos no Brasil, existem vários exemplos positivos no país, os quais têm sido planejados de forma integrada ou pontual, no caso de iniciativas privadas que visam a preservação ambiental. No Estado de São Paulo, por exemplo, alguns instrumentos constantes na Política Estadual de Resíduos Sólidos vêm sendo colocados em prática, como o inventário dos resíduos sólidos, instituição de planos diretores, programas de prevenção à poluição, levantamento de áreas contaminadas, dentre outros. No Rio de Janeiro, as ações têm se localizado mais no âmbito industrial, por meio de inventários industriais, assistência técnica a pequenas e médias empresas, etc. O Estado de Minas Gerais pretende sanear todas as cidades com população inferior a 20.000 habitantes, através do programa Minas Joga Limpo.

Já existia pronto, à espera de votação ainda no ano de 2002, um projeto de Política Nacional de Resíduos Sólidos. Entretanto, com a nova legislatura o projeto foi “engavetado”. Por enquanto, só há em vigor algumas Políticas Estaduais, a exemplo do Estado de Pernambuco, que tem procurado fazer avanços no gerenciamento de seus resíduos, e através do Decreto Nº 23.941, de 11 de Janeiro de 2002, regulamentou a sua Lei Nº 12.008, de 01 de Junho de 2001 que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos.

A exemplo de todas as metrópoles do país, a capital de Pernambuco e o vizinho município de Jaboatão que integra a Região Metropolitana, enfrentam problemas com a gestão de seus resíduos, apesar de já haverem feito vários avanços no sentido de melhorar a qualidade dos serviços.

O local de disposição, o aterro da Muribeca que há 18 anos era um lixão, hoje foi transformado em aterro controlado com uma estação de tratamento de chorume e constante monitoramento ambiental. O problema do esgotamento da capacidade física do aterro foi temporariamente solucionado, garantindo mais de onze anos de vida útil. Entretanto, para se transformar em aterro sanitário algumas providências precisam ser tomadas, tais como o controle dos gases e retirada completa dos catadores do local.

Providências já foram tomadas no sentido de tirar pelo menos as crianças e adolescentes do local. Um policiamento efetivo foi destinado ao local com este intuito, além de procurar conter a violência entre os próprios catadores. A demora na implantação de centros de triagem prometidos pela prefeitura dificultam esta retirada. No final de 2002, cerca de 90% das crianças haviam sido retiradas, mas antes mesmo de acabar o ano já haviam voltado.

No que se refere à coleta seletiva, diversos programas já foram implantados pela Prefeitura do Recife, embora sem o sucesso esperado. Apenas cerca de 0,3% do lixo gerado nas cidades é recolhido em Recife. Em Jaboatão não há coleta seletiva. Algumas empresas

privadas, a exemplo da Rede Globo, Colégio Santa Maria, Shopping Tacaruna, entre outros, já praticam a reciclagem. Várias empresas como a Tomra Latasa, CIV, Ondunorte e Gerdau já fazem seus produtos utilizando o material reciclável como matéria-prima. No caso da população em geral, as experiências têm demonstrado que sua participação depende, em grande parte, de estratégias de marketing mais efetivas. A prefeitura contribui através de panfletos explicativos, palestras educativas e disponibilização de PEVs e caminhões de coleta. O sucesso da reciclagem, portanto, depende fortemente do esforço conjunto de todos os setores da sociedade.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

As últimas décadas têm sido marcadas por discussões entre os especialistas em meio ambiente acerca da gestão dos resíduos sólidos. Percebeu-se que o lixo por ser agente causador de poluição hídrica, atmosférica e do solo e viveiro para a multiplicação de vetores transmissores de doenças, gera conseqüências de caráter ambiental, social e afetam o bem-estar dos indivíduos. Este bem-estar é alterado principalmente por dois fatores primordiais: a geração excessiva de resíduos e a sua disposição inadequada.

Em se tratando do aumento na geração de lixo do país, este tem sido provocado pelo aumento na população dos países, em especial nas regiões metropolitanas e também na elevação do consumo, conseqüência do crescimento econômico. Em vários países, o problema da geração excessiva passou a ser visto em caráter de urgência pois o volume de lixo produzido excedia a capacidade de descarga dos aterros municipais. Constatou-se, portanto, que o custo marginal da produção de resíduos não é nulo e que os consumidores estão gerando uma quantidade ineficiente de resíduos.

Uma conseqüência da geração exacerbada de resíduos refere-se aos problemas com sua disposição. Em um passado não muito distante, o lixo da maioria das cidades, não apenas do Brasil, mas do mundo, era vazado a céu aberto. Com a evolução das políticas de gestão de resíduos, os lixões foram transformados em aterros em muitos países. O Brasil encontra-se em uma fase de transição, onde muitos lixões já foram convertidos em aterros, mas existe ainda um elevado percentual de cidades que depositam seu lixo a céu aberto. De qualquer forma, é predominante o uso do solo nas formas atuais de disposição do lixo. Porém, a terra é um recurso cujo estoque natural é limitado. Em países como o Japão, por exemplo, a escassez de terra é um problema sério e assim os custos de uso do solo são muito altos, chegando a ser compensadora a utilização de tecnologias mais onerosas. A preocupação do Japão tem sido acompanhada por diversos países.

Percebe-se, portanto, que, além de um aumento substancial nos preços, o aumento indiscriminado no volume de resíduos gerados por indivíduos e indústrias pode causar o esgotamento nos estoques de solo disponíveis para esta finalidade nas regiões mais densamente povoadas (próximas às grandes cidades), não só no país, mas no mundo. Para minimizar o efeito negativo da geração e disposição de resíduos, têm sido sugeridas e aplicadas diversas políticas de gestão com o objetivo de alcançar os seguintes resultados:

- 1 – Redução na quantidade de resíduos;
- 2 – Aumento da reutilização e reciclagem;
- 3 – Recuperação de energia (incineração);
- 4 – Redução na quantidade de resíduos incinerados e aterrados.

Assim, além de apresentar aspectos negativos de ordem ambiental e social, a geração e disposição inadequada dos resíduos provocam alterações de caráter econômico como a geração de externalidades que afetam o bem-estar dos indivíduos. Vários estudos econômicos, principalmente em nível internacional, têm sido realizados na tentativa de avaliar as políticas de gestão de resíduos que têm sido utilizados em diversos países.

Os estudos internacionais encontram-se em um estágio mais avançado do que os estudos realizados em nosso país. Isto porque na Europa e América do Norte, a reciclagem e a coleta seletiva são atividades amplamente praticadas e divulgadas, como ocorre na maioria das cidades americanas. Nestas, as políticas de gestão envolvem a utilização de instrumentos econômicos que procuram levar a população a reduzir a quantidade de resíduos a serem dispostos em aterros, ao mesmo tempo em que incentivam a reciclagem. Estes instrumentos econômicos são implementados principalmente sob a forma de taxas sobre o volume gerado por cada domicílio, ou sobre a utilização de matérias-primas, subsídios à reciclagem, ou ainda, sistemas depósito-retorno. Assim, as pesquisas nos países que adotam estes instrumentos, têm versado sobre a eficiência da utilização dos mesmos em diversas

comunidades. Basicamente, a análise tem seguido duas correntes metodológicas: aplicação de modelos econométricos e utilização de modelos de equilíbrio.

Em geral, os estudos realizados até então, seja qual tenha sido o tipo de modelo utilizado, têm apontado para a importância da aplicação de alguns tipos de instrumento econômico na gestão de resíduos em busca da redução, reutilização e reciclagem.

No Brasil, os estudos têm sido conduzidos de forma diferente dos estudos internacionais citados. Não existe ainda uma cultura forte acerca da importância de atitudes como a minimização da geração de resíduos, a reciclagem, a compostagem, entre outros. Por este motivo, os estudos brasileiros têm se concentrado na avaliação econômica das atividades de reciclagem, compostagem, incineração e aterro sanitário.

O trabalho desenvolvido por Valverde (1995) foi um dos primeiros trabalhos no país que incluiu a economia na questão dos resíduos sólidos. Ela realizou uma avaliação para a cidade do Rio de Janeiro entre usinas de incineração, usinas de reciclagem com compostagem e aterros, todos com aproveitamento energético. Calderoni (1999) realizou um estudo, também uma análise econômica, voltado para a identificação do quanto se perde anualmente na cidade de São Paulo em termos monetários com a falta de aproveitamento dos resíduos pela reciclagem. A avaliação foi realizada considerando o ponto de vista de diversos agentes da sociedade.

Motta & Sayago (1998) procuraram determinar instrumentos econômicos passíveis de serem utilizados no Brasil. Além dos citados, ainda existem outros estudos específicos para determinadas regiões, todos voltados para a avaliação econômica de algum aspecto referente à temática dos resíduos sólidos, sem, entretanto, entrar no aspecto de aplicação de instrumentos econômicos, até porque o país ainda não tem uma tradição de aplicar instrumentos econômicos a questões relativas ao meio ambiente. A tendência no país ainda é a utilização de instrumentos regulatórios como o comando-controle. A experiência com instrumentos

econômicos no Brasil é bem recente e tem encontrado resistência por parte dos usuários como, por exemplo, na cidade de São Paulo onde foi instituída uma taxa sobre o lixo.

Diante da carência de estudos na área de economia do meio ambiente relativos à gestão de resíduos sólidos no país e em particular no Estado de Pernambuco, buscou-se através deste estudo, realizar uma análise de viabilidade econômica da gestão de resíduos sólidos nas cidades do Recife e de Jaboatão dos Guararapes através de um modelo custo-benefício que engloba além do aspecto econômico, questões ambientais e sociais. Esta análise será realizada sob a ótica de cada um dos agentes envolvidos com a questão e poderá servir como subsídio a políticas públicas que atuem de forma eficiente sobre a geração e destinação final dos resíduos das cidades focalizadas. Nas seções a seguir serão discutidos o suporte técnico econômico por trás da questão dos resíduos e as metodologias utilizadas na mensuração das variáveis que entrarão na avaliação econômica.

3.1 – Aspectos Teóricos^x

Diversos são os problemas de caráter econômico que estão intrinsecamente ligados à gestão dos resíduos sólidos realizada pelo Poder Público. Entre eles está a geração de externalidades as quais afetam o bem-estar dos indivíduos.

É fato que o setor público não existiria se todos os recursos e bens do mercado fossem alocados perfeitamente, obtendo como consequência a situação ótima do mercado (Teoria do Equilíbrio Geral). Tal teoria considera que todos os bens são divisíveis e que não existem externalidades permitindo o alcance do equilíbrio geral e de uma alocação eficiente de Pareto^{xi}. O que se busca no estabelecimento de um equilíbrio deste tipo é uma situação onde se obtém o máximo de produção, satisfazendo as demandas dos consumidores com o objetivo

de maximizar o seu bem-estar. No cotidiano, entretanto, existem características que impossibilitam a obtenção da produção ótima através do setor privado. O governo emerge como um elemento capaz de intervir na alocação de recursos, atuando paralelamente ao setor privado, procurando estabelecer a produção ótima de bens e serviços que satisfaçam as necessidades da sociedade. Uma das características que impedem o alcance do ótimo sem a intervenção do poder público é a presença de externalidades.

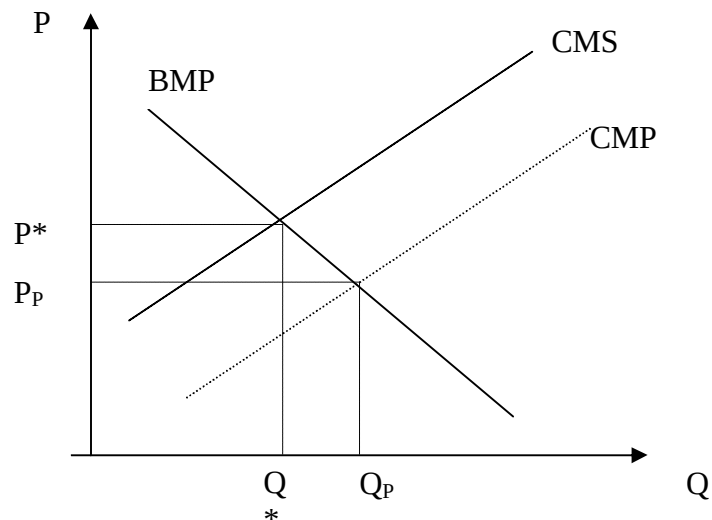
Diz-se que ocorre uma externalidade quando as ações de um agente afetam diretamente outros agentes. As externalidades podem ser positivas quando resultam em benefícios ou negativas quando acarretam algum tipo de prejuízo. A esse respeito Baumol & Oates (1998) impõem duas condições para a existência de externalidades: a primeira é de que as funções (de consumo e de produção) do agente incluem variáveis reais cujo controle pertence a outros e a segunda é que as decisões de mercado não sejam transacionadas no mercado competitivo.

A presença das externalidades ocorre em um mercado, pois assume-se que cada agente poderá tomar decisões de consumo e produção sem se preocupar com os interesses do outro agente e isso acaba por afetar o bem-estar dos indivíduos. Desta forma, os Teoremas do Bem-Estar não são cumpridos ^{xii}. Como exemplo, Varian (1997) cita o caso de um consumidor de charutos. Se o agente A se importa com o consumo de charutos do agente B devido à fumaça provocada por ele, não há razão particular para que cada agente escolhendo sua cesta de consumo aos preços de mercado resulte numa alocação eficiente de Pareto e assim, o equilíbrio não é atingido.

Os recursos ambientais são considerados bens públicos^{xiii} e apresentam externalidades. Estas surgem devido à geração de efeitos danosos ou não a outros agentes, efeitos estes, resultantes das atividades de consumo ou produção e que não são compensados através de um sistema de preços. Assim, é correto afirmar que os bens ambientais não são alocados de forma

eficiente. Para analisar o que ocorre com o equilíbrio de mercado na presença de externalidades utilizar-se-á o caso da produção de lixo.

Considera-se inicialmente que o agente A ao realizar suas atividades de consumo gera rejeitos, os quais são descartados sem qualquer preocupação com os interesses do agente B. agindo desta forma, os agentes comportam-se como se estivessem em um mercado composto de bens privados (que são exclusivos, ou seja, o consumo é internalizado por aquelas que pagam para tê-lo), cujo ponto de equilíbrio é apresentado na Figura 3.1, no ponto de interseção entre as curvas marginais privadas de benefícios (BMP) e custos (CMP).



Fonte: Varian (1997)

Figura 3.1 – Curvas de Custo Marginal Social e Privado

Entretanto, ao gerar seus rejeitos, o agente A também gera poluição uma vez que o acúmulo de lixo provoca poluição do solo e dos recursos hídricos, com a contaminação através do chorume, poluição atmosférica através da formação de gases tóxicos, além de servir como local de proliferação de vetores. Esta poluição traz consequências negativas para os agentes de mercado. Conclui-se, portanto, que a geração de lixo pelos agentes provoca externalidades de consumo no mercado.

Quando ocorre a externalidade, o mercado falha em produzir um nível socialmente ótimo de produção. Isto porque o dano marginal gerado pela externalidade negativa é um custo não considerado no mercado. Desta forma, os agentes tendem a continuar produzindo um nível ineficiente de resíduos caso não internalizem esta externalidade. Ao buscar atingir o nível de eficiência, o agente passaria a consumir um nível ótimo a um preço P^* mais elevado, valor este que internalizaria os danos causados pela geração de lixo provocados por aquele consumo (Figura 3.1). Deste modo, a eficiência na alocação só será alcançada caso os custos externos associados às externalidades sejam internalizadas na análise econômica.

A internalização das externalidades, entretanto, não é uma atividade simples pois existem algumas dificuldades associadas. Dentre as principais dificuldades, pode-se destacar a identificação dos ganhos e perdas ocasionados pela presença destas externalidades e a falta de garantia de que as compensações serão efetuadas. O mercado por si não é capaz de promover tal internalização, motivo pelo qual é necessário algum tipo de intervenção governamental.

Esta internalização pode ser realizada de diferentes modos, todos eles com suas vantagens e desvantagens de aplicação. Um dos mecanismos de maior aplicação até os dias atuais, principalmente no caso de externalidades que envolvem impactos ambientais são os mecanismos de comando e controle^{xiv}. Motta *et al.* (1996), entretanto, argumentam que a sua utilização provoca conflitos de interesse entre os programas de governo e padrões conflitantes, onde diversas agências são responsáveis pelo estabelecimento de regulamentações ambientais dentro do mesmo nível de governo ou em diferentes níveis.

Por motivos como os citados, a utilização destes mecanismos tem sido condenada nos meios acadêmicos e tem sido incentivada a utilização de instrumentos econômicos tais como as taxas pigouvianas^{xv}, subsídios^{xvi}, mercados de direitos de propriedade^{xvii}, dentre outros mais adequados.

Em todos os casos de aplicação de Instrumentos econômicos, entretanto, é necessário determinar os custos e benefícios provenientes das atividades de consumo. Como a estimativa destes itens é de difícil mensuração por englobar aspectos ambientais e sociais, pretende-se a partir deste estudo fornecer este referencial a fim de subsidiar as discussões acerca do caso dos resíduos sólidos nas cidades do Recife e Jaboatão. A seção a seguir apresenta a metodologia utilizada para a avaliação econômica da gestão eficiente dos resíduos sólidos.

3.2 – Metodologia Utilizada

Atualmente, a grande maioria dos estudos econômicos relacionados ao meio ambiente leva em consideração o conceito de desenvolvimento econômico sustentável. Esta sustentabilidade tanto deve apresentar um caráter social como ambiental. Sob o aspecto social, Calderoni (1999) ressalta a necessidade de reforço da titularidade dos interesses uma vez que os atores sociais envolvidos nos processos decisórios consideram-se defensores do desenvolvimento sustentado e interpretam o problema de forma diversificada, principalmente no caso de estarem envolvidas mudanças significativas nas relações socioeconômicas em vigor. No que se refere à sustentabilidade econômica ambiental, destaca-se que a sustentabilidade só será atingida, quando a atividade econômica não retirar recursos do ecossistema em quantidade superior à sua capacidade de recuperação, nem despejar mais resíduos no ecossistema do que a sua capacidade de assimilação.

As análises de viabilidade econômica desenvolvidas a partir de então, tendem a incluir na sua aplicação, a consideração dos aspectos ambientais e sociais. O presente estudo, portanto, seguindo a tendência de desenvolvimento de trabalhos em que estejam presentes os

três princípios: econômico, social e ecológico, tomará como ponto central uma análise econômica acerca da gestão de resíduos sólidos nas cidades do Recife e Jaboatão, notadamente sobre a implantação das atividades de reciclagem e compostagem, considerando os três aspectos mencionados, conforme explicado a seguir.

3.3 - O Modelo

O modelo utilizado no presente estudo envolve a aplicação da análise benefício-custo (ABC) que permite a inclusão de benefícios e custos sociais e ambientais com o auxílio de algumas técnicas específicas. A análise será conduzida tomando como base o ponto de vista de diferentes agentes componentes da sociedade envolvidos diretamente com a gestão de resíduos nas cidades consideradas. Isto significa que as relações entre os benefícios e custos envolvidos no problema em questão serão analisados sob a ótica dos agentes econômicos envolvidos.

A avaliação benefício-custo e em especial aquela que envolve problemas de ordem pública é uma das partes mais importantes do processo de planejamento e compreende cinco fases principais:

- Definição dos objetivos e metas;
- Elaboração de alternativas, regulamentos, planos e projetos;
- Previsão de desempenho dos impactos das alternativas;
- Avaliação ex-ante;
- Escolha dos projetos a serem executados. (CONTADOR,1987)

A avaliação ex-ante é aquela que antecede a implementação do projeto e ajuda a subsidiar a decisão quanto a realizar ou não um determinado projeto ou plano de ação. O presente estudo será concentrado nesta avaliação prévia.

Assim, através da análise benefício-custo será possível averiguar da viabilidade econômica das alternativas propostas com base em uma avaliação *ex-ante*. De acordo com Hanley & Spash *apud* Vélez (2002), a aplicação da metodologia proposta deve seguir o organograma apresentado adiante (Figura 3.2), cujas etapas serão definidas no decorrer deste capítulo.

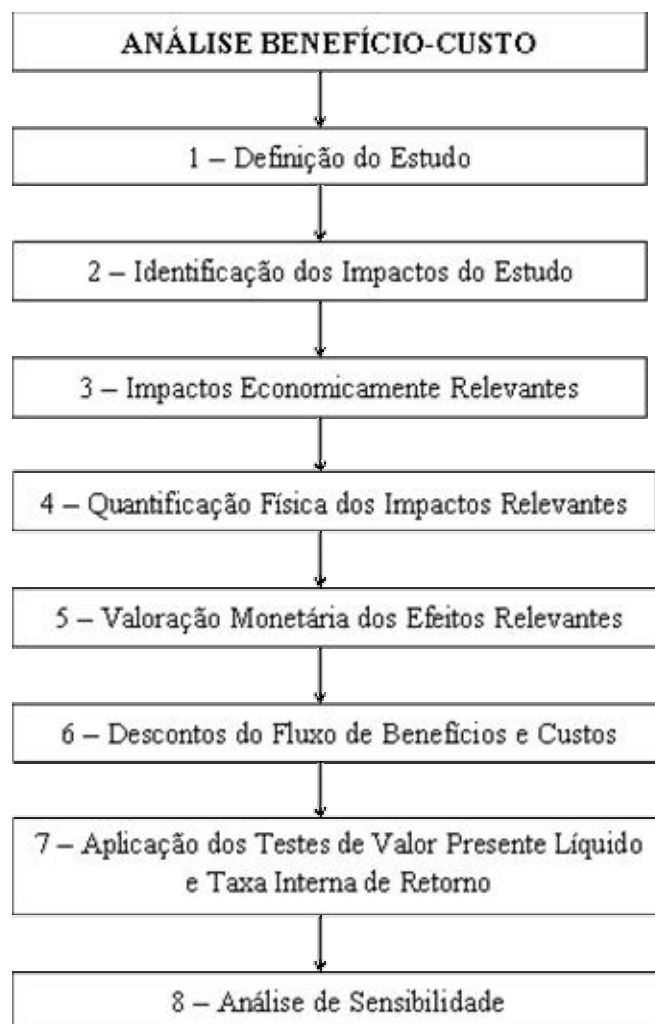


Figura 3.2 - Etapas da Análise Benefício-Custo

1) DEFINIÇÃO DO ESTUDO

O estudo será centrado no sistema de gestão de resíduos sólidos municipais do Recife e de Jaboatão. Como os resíduos são provenientes das atividades humanas e os equipamentos de coleta, limpeza e disposição são comuns a todos os cidadãos, assume características de bens públicos. Como bem público, tem um custo nulo para a sociedade e, portanto, é gerado à revelia de qualquer decisão econômica ou de qualquer outra ordem. Além disso, afeta o nível de bem-estar da sociedade.

Os principais condicionantes da eficiência do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos municipais são a coleta, transporte e disposição final dos materiais. As etapas de coleta e transporte dos resíduos têm sido exaustivamente discutidas nos últimos anos. Sua eficiência tem sido comprovada na maioria das cidades brasileiras. As últimas pesquisas envolvendo questões de saneamento realizadas pelo IBGE, a exemplo da PNAD e PNSB, apontam que mais de 80% dos municípios estão sendo atendidos por sistemas de coleta de lixo. O grande desafio brasileiro e mesmo mundial, atualmente, tem sido o eficiente gerenciamento das formas de tratamento e destinação final.

A disposição em aterros sanitários como forma mais eficiente de acabar com os lixões a céu aberto já não tem sido suficiente, em vista da possibilidade de exaustão da capacidade do solo. Alternativas como a reciclagem e a compostagem têm sido incentivadas como técnicas a serem utilizadas para reduzir o volume disposto nos aterros.

Devido à necessidade de preservar o meio ambiente e reduzir o uso do solo como forma de disposição de rejeitos, procurou-se aplicar uma análise benefício-custo com o objetivo de demonstrar a viabilidade de incentivar a implantação da reciclagem e

compostagem nos municípios em estudo, considerando a ótica não apenas da sociedade como um todo, mas também dos agentes econômicos envolvidos com a questão dos resíduos sólidos municipais. Deste modo, a análise será realizada para os seguintes agentes:

- 1 – Prefeitura;
- 2 – Indústria;
- 3 – Cooperativas e Associações;
- 4 – Sucateiros;
- 5 - Unidades de Reciclagem e Compostagem;
- 6 – Sociedade

1 – PREFEITURA: A Prefeitura é responsável pelos serviços de coleta (normal e seletiva), bem como sobre duas formas possíveis de destinação final e tratamento: o aterro e a incineração. Na cidade do Recife, a incineração só é utilizada para o tratamento dos resíduos de saúde, motivo pelo qual foge ao escopo deste estudo. Também é realizada a queima de animais mortos no Curado, mas é uma atividade de pequeno porte.

Com o estímulo aos processos de reciclagem e compostagem, as Prefeituras das cidades do Recife e de Jaboatão reduziriam o volume de lixo por cuja coleta teriam que se responsabilizar, bem como pelo transbordo e disposição final. Além destes benefícios, as atividades ainda prolongariam a vida útil dos aterros.

2 – INDÚSTRIA: Um dos agentes que mais se beneficia com a reciclagem dos resíduos sólidos é a indústria que utiliza materiais reciclados como insumo de sua produção. Estes benefícios provêm, principalmente da economia de insumos. Com a reciclagem do aço e do papel, por exemplo, é possível economizar 40% no consumo de água no processo produtivo no caso do aço e 29.000l por tonelada ao utilizar-se papel reciclado, além da economia alcançada com o controle ambiental resultante da redução nas poluições hídrica e atmosférica.

Também é possível alcançar ganhos energéticos superiores a 70% com a utilização de matéria-prima reciclada. Um dos maiores benefícios para a indústria, entretanto, é a economia de matéria-prima. Como exemplo, cita-se o caso do alumínio, onde, para cada tonelada de alumínio reciclado utilizado são economizadas cinco toneladas de bauxita.

3 – COOPERATIVAS E ASSOCIAÇÕES: São compostos geralmente de ex-catadores associados, que recolhem materiais de residências ou os recebem em doação. Além dos materiais recicláveis considerados neste estudo, eles também recolhem e recuperam objetos em desuso como móveis, roupas e eletrodomésticos para revenda. Sem sobre de dúvida, o principal impacto causado pelo incentivo maciço à reciclagem é a inserção dos catadores de rua no mercado formal. O aumento e o incentivo das atividades de reciclagem levariam à superação da situação de clandestinidade destes, com o crescimento do mercado e aumento da consciência social. O crescimento do mercado levaria a um conseqüente aumento no número de postos de trabalho e, no caso de organização em cooperativas, um aumento em sua remuneração, além da oferta de condições de trabalho adequadas para os trabalhadores. Considera-se, pois, que este agente englobará os antigos catadores de rua e do aterro da Muribeca.

4 – SUCATEIROS: São negociantes que obtêm o material diretamente dos catadores, o recebem em doação de voluntários, ou compram-no através de leilões. O material é acumulado até que se tenha uma quantidade suficiente para revenda a recicladores ou à própria indústria.

5 – UNIDADES DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM: São os grandes negociantes do material secundário, com fortes conexões com a rede industrial. Eles compram o material de cooperativas e sucatas, reprocessam o material e o vendem diretamente às indústrias.

6 – SOCIEDADE: O comportamento participativo da sociedade é o principal condicionante para o sucesso das alternativas. Os ganhos para a sociedade, na realidade, englobam os ganhos de todos os agentes econômicos mencionados. Representam a síntese da análise de todos os agentes com relação às atividades de reciclagem e compostagem.

A aplicação da metodologia pressupõe ainda, a consideração de algumas premissas:

- 1) Vida Útil: Como a vida útil média das empresas de reciclagem e compostagem varia entre 10 e 15 anos, considerar-se-á uma vida útil de dez anos.
- 2) População: A população considerada no presente estudo foi estimada para um horizonte de dez anos a partir da extrapolação da tendência histórica. Estas medidas foram obtidas com base nas informações fornecidas pelo IBGE para as populações do Recife e Jaboatão dos Guararapes e suas respectivas taxas de crescimento. A população estimada para as duas cidades está apresentada na Tabela 3.1 e será utilizada ao longo deste trabalho.

Tabela 3.1 – População Estimada – Recife e Jaboatão (2002-2012)

Ano	(10 ³) hab										
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Recife	1.443,4	1.451,9	1.463,5	1.475,1	1.486,7	1.498,4	1.510,0	1.521,6	1.533,2	1.544,9	1.556,5
Jaboatão	610,1	622,5	635,0	647,5	659,9	672,4	684,9	697,4	709,8	722,3	734,8
TOTAL	2.053,4	2.074,4	2.098,5	2.122,6	2.146,7	2.170,8	2.194,9	2.219,0	2.243,1	2.267,2	2.291,3

Fonte: Elaboração Própria

- 3) Quantidade de Lixo: A estimativa da quantidade de lixo a ser gerado durante o horizonte de planejamento considerado, foi realizada através da extrapolação da tendência histórica com base nas quantidades de lixo geradas nos últimos 20 anos nas cidades do Recife e

Jaboatão dos Guararapes fornecidas pela EMLURB e COLURB, respectivamente. De acordo com estas fontes, o crescimento na quantidade de resíduos coletados tem sido de 5% ao ano, valor este, que foi adotado neste estudo na falta de informações mais precisas sobre a geração de lixo e a renda per capita das populações das duas cidades. As quantidades de lixo estimadas são apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Geração de Resíduos no Recife e em Jaboatão dos Guararapes

10³(t)

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Recife	655,1	687,9	722,2	758,4	796,3	836,1	877,9	921,8	967,9	1.016,3	1.067,1
Jaboatão	121,6	127,7	134,1	140,8	147,8	155,2	163,0	171,2	179,7	188,7	198,1
TOTAL	776,7	815,6	856,3	899,2	944,1	991,3	1.040,9	1.092,9	1.147,6	1.205,0	1.265,2

Fonte: EMLURB e COLURB

- 4) Taxa de Desconto: Com relação à taxa de desconto, a qual reflete a preferência pelo presente dos decisores econômicos e indica o custo de oportunidade do capital, pode-se afirmar que nos países em desenvolvimento esta taxa varia entre os 5% e 20% ao ano. O Banco Mundial considera uma taxa de 10% efetiva ao ano como uma taxa razoável para ser utilizada em projetos governamentais. No caso de projetos privados esta taxa pode atingir os 20%. O presente estudo considerará uma taxa de 12% ao ano.

2) IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS DO ESTUDO

A implantação de unidades de reciclagem e compostagem nas cidades do Recife e de Jaboatão gerará diversos impactos de ordem econômica, ambiental e social. Entre os mais importantes, foram identificados:

- Geração de empregos para catadores e carroceiros;
- Redução das taxas de morbidez e mortalidade;
- Proteção das comunidades próximas ao aterro da Muribeca;
- Redução da contaminação das águas do Rio Muribequinha;
- Redução da contaminação do solo;
- Redução da contaminação do ar;
- Prolongamento da vida útil do aterro da Muribeca;
- Redução da utilização de insumos primários no processo produtivo;
- Redução da utilização de recursos hídricos no processo produtivo;
- Redução no consumo de energia elétrica;
- Redução na geração de divisas.

No caso específico da compostagem, um dos maiores benefícios identificados relaciona-se ao uso do próprio composto orgânico. Pereira Neto (2000) relata uma série de vantagens da compostagem que não são associadas a custos econômicos diretos e sim a benefícios permanentes e efetivos para o ambiente: exerce um efeito tampão no solo pela sua elevada área de superfície e capacidade de troca, atua como fonte de cátions (cálcio, potássio, magnésio, etc.); exerce efeitos diretos no crescimento das plantas, aumentando a absorção de calor durante o dia; aumenta a permeabilidade à absorção de nutrientes, a atividade enzimática e a fotossíntese dos vegetais; atua como elemento de fixação de elementos metálicos (nutrientes e metais pesados) e de formação de complexos húmus-argilo-minerais; atua na retenção de nitrogênio, fósforo e enxofre, que fazem parte de sua constituição química; favorece as condições físicas dos solos, como aglutinação e estabilidade dos agregados; aumenta a capacidade de retenção de água e de permeabilidade; reduz os efeitos da erosão e suas conseqüências; aumenta a trabalhabilidade manual; exerce a ação protetora e

atua como fonte de nutrientes para os microorganismos do solo; exerce efeito controlador sobre muitas doenças e pragas de plantas, entre tantas outras vantagens.

3) IMPACTOS ECONOMICAMENTE RELEVANTES

O incentivo a programas de reciclagem e compostagem provoca diversos impactos que podem se traduzir em benefícios e custos para a sociedade como um todo e se refletem de forma diferenciada nos diversos agentes que compõem esta sociedade. Estes impactos podem ser de ordem econômica, ambiental ou social. Como não é possível mensurar adequadamente todos os impactos identificados no item anterior, optou-se pela escolha de algumas variáveis, as quais foram consideradas as mais significativas:

1 – Investimentos em Unidades de Reciclagem e Compostagem (INV): Esta é uma variável a ser considerada pelos seguintes agentes: **indústrias, cooperativas, sucateiros, recicladores** e a **sociedade**. Representa os gastos que os agentes terão de incorrer para desempenhar a contento suas atividades. Deste modo, é uma variável de custo e por este motivo aparecem com um sinal negativo nas equações dos agentes.

2 – Venda de Materiais Recicláveis e Matéria Orgânica (VMR): É uma variável que tanto pode representar um custo como um benefício, dependendo do agente a ser considerado e representa os valores de venda auferidos aos materiais recicláveis considerados no estudo. Admitiu-se que a variável impacta os agentes recicladoras, cooperativas, sucateiros, indústrias e sociedade. No caso das **cooperativas** e **sucateiros** que vendem os materiais aos demais

agentes, a variável representa suas receitas, constituindo-se, portanto, em um benefício para eles implicando em um sinal positivo em sua equação. No caso dos **recicladores** e da **indústria**, que compram os materiais, representa os custos na compra de matérias-primas e a ela é atribuído um sinal negativo. No caso da **sociedade**, a variável é representada pelo somatório dos valores encontrados para os demais agentes.

3 – Compra de Material Reciclado e Composto (CMR): Refere-se às atividades de compra do material já beneficiado pelas empresas recicladoras às indústrias transformadoras. Deste modo, implica em receita para as primeiras, apresentando um sinal positivo na equação do agente. Consequentemente, para as **indústrias** a variável representa o custo de compra de matéria-prima, incorrendo, pois em um sinal negativo na sua equação. Para a sociedade, considerou-se o somatório dos dois agentes.

4 - Custos do Processo de Reciclagem e Compostagem (CPR): Esta variável fez parte da equação dos seguintes agentes: **cooperativas**, **sucateiros**, **recicladores**, **indústrias** e **sociedade**. Em todos os agentes, os custos do processo referem-se aos gastos incorridos pelas empresas no beneficiamento dos materiais e em todos eles a variável apresenta um sinal negativo. Para a sociedade, considerou-se o somatório dos custos dos agentes considerados. Aliás, este pressuposto é válido também para a maioria das variáveis com apenas algumas exceções.

5 – Utilização de Recursos Hídricos (URH): a utilização dos materiais reciclados no processo produtivo provoca a redução no consumo de recursos hídricos pelas indústrias, notadamente nos casos do papel e do aço. Deste modo, representa um benefício para as **indústrias** que reduzem seus gastos com água e para a **sociedade** que poderá usar esta água para

abastecimento humano, motivo pelo qual a variável aparece positiva na equação dos referidos agentes.

6 – Utilização de Energia Elétrica (UEE): A exemplo do que ocorre com os recursos hídricos, cujo consumo diminui com a utilização de materiais reciclados, também com a energia elétrica acontece o mesmo. Por este motivo, implica em um benefício tanto para a **indústria**, quanto para a **sociedade**.

7 – Controle Ambiental (CA): Representa os gastos incorridos com o controle de escapamento de gases e tratamento de efluentes das indústrias. Como a utilização de reciclados reduz o volume de poluição atmosférica e hídrica gerado no processo produtivo, a variável implica em um benefício para os agentes **indústria** e **sociedade** representado pelo sinal positivo na equação dos agentes.

8 – Qualidade Ambiental (QA): Refere-se às melhorias na qualidade ambiental provocadas pela reciclagem devido a redução no volume de rejeitos dispostas no aterro da cidade de Jaboatão. Assim, a variável representa um benefício para a **sociedade** como um todo, caracterizado pelo sinal positivo na equação do agente.

9 – Utilização de Matéria-prima (UMP): A produção de artefatos a partir de materiais reciclados reduz também o consumo de matérias-primas que seriam empregadas no caso do processo produtivo empregar materiais virgens. Deste modo, ao reduzir a utilização, diminui-se também os custos com estes materiais de forma que representa um benefício para as **indústrias** e também para a **sociedade**.

10 – Geração de Empregos (GE): Também implica em um benefício para a **sociedade** como um todo uma vez que com o aumento da reciclagem, também eleva-se a quantidade de cooperativas e consequentemente proporcionam a inserção dos trabalhadores no mercado formal. Apresenta, portanto, um sinal positivo na equação da sociedade.

11 – Redução nos Custos de Coleta, Transporte, Transbordo e Disposição Final (RCC): Uma vez incentivada a reciclagem, reduz-se o volume de resíduos a serem coletados, transportados e encaminhados ao aterro da Muribeca para destinação final. Os principais agentes impactados são as **prefeituras municipais** que têm seus custos reduzidos, uma vez que se responsabilizam por uma quantidade menor de resíduos. Desta forma, a variável representa um benefício para o agente e também para a **sociedade**, motivo pelo qual apresenta positivamente representada nas equações dos agentes.

12 – Custos de Coleta Seletiva (CS): Ao reduzir a coleta tradicional ocorre simultaneamente um aumento nos custos com a coleta seletiva. O principal agente impactado é a **prefeitura municipal** que passa a arcar com os custos da coleta seletiva também. Como custo, apresenta sinal negativo na equação do referido agente e também para a sociedade.

13 – Receita Operacional da Prefeitura - Taxa de Limpeza Pública (ROP): Representa os ganhos das prefeituras de Jaboatão e do Recife provenientes da arrecadação tributária da Taxa de Limpeza Pública. Assim, a variável implica em um benefício para o agente **Prefeitura** e também para a **Sociedade**, uma vez que o governo municipal também é parte daquela.

14 – Redução de Morbidade e Mortalidade (RMM): Os resíduos favorecem a proliferação de vetores transmissores de diversas doenças ao homem. Com a diminuição da disposição do

lixo em aterros, há uma diminuição de doenças relacionadas ao mesmo, implicando pois, em um benefício para a **sociedade** como um todo sendo caracterizada positivamente na equação do agente.

Vale salientar que, como as variáveis são percebidas de forma diferenciada pelos agentes, uma variável que pode representar um benefício para um, pode ser um custo para outro.

Os impactos positivos (ou benefícios) irão aumentar a quantidade e qualidade dos bens e serviços que geram utilidade positiva ou uma redução de preço. Os impactos negativos (ou custos) irão diminuir a qualidade ou quantidade dos bens e serviços ou aumentar o preço. Estes efeitos também incluem os gastos de recursos em um projeto (HANLEY & SPASH *apud* VÉLEZ , 2002).

Assim, além de explicar como será quantificada cada uma das variáveis, apresenta-se na Tabela 3.3 um quadro-resumo mostrando como cada variável impacta cada agente.

Tabela 3.3 – Equações dos Agentes

PREFEITURA	$= RCC - CS + ROP + QA_1$	(3.1)
INDÚSTRIAS	$= URH_3 + UEE_3 + UMP + CA - CMR - INV - VMR - CPR_1$	(3.2)
COOPERATIVAS	$= VMR - CPR - INV$	(3.3)
SUCATEIROS	$= VMR - CPR - INV$	(3.4)
UNIDADES DE RECICLAGEM	$= VMR - CMR - CPR - INV$	(3.5)
SOCIEDADE	$= \Sigma GE + \Sigma CPR + \Sigma VMR + \Sigma CMR + \Sigma URH + \Sigma UEE + CA +$ $+ \Sigma QA + UMP + RCC + RMM + CS + ROP - INV$	(3.6)

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez definidas as variáveis que influenciam os diversos agentes, é possível, então, realizar a quantificação monetária de cada uma delas, conforme discriminado a seguir:

1 – INVESTIMENTOS EM UNIDADES DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM

Nos últimos anos tem crescido uma verdadeira indústria em torno dos resíduos sólidos. O mercado de sucatas no Brasil é composto por diferentes níveis de atuação e complexidade e está estruturado na seguinte cadeia (Figura 3.3):

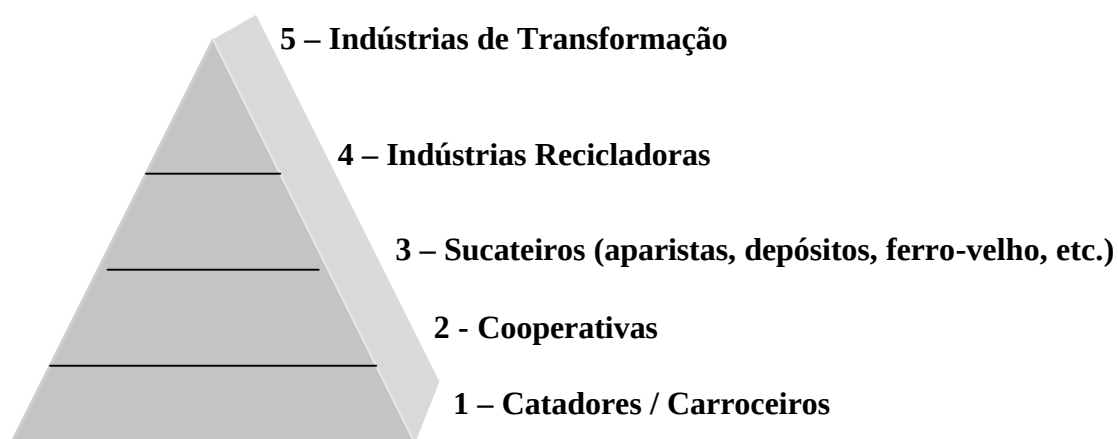


Figura 3.3 – Mercado de Sucatas em Pernambuco

Em um nível mais artesanal de trabalho, encontram-se os catadores e carroceiros que recolhem os materiais nas ruas e no aterro da Muribeca e o revendem aos sucateiros e, em alguns casos, aos recicladores ou à própria indústria de transformação. No segundo nível, estão as cooperativas formadas, em geral, por grupos de ex-catadores que vendem o que é apurado para as indústrias recicladoras e ficam com todo o lucro. No terceiro, estão os sucateiros que compram os materiais dos catadores e repassam aos recicladores. Estes últimos

também são chamados de atravessadores. Em uma situação hipotética, onde considerou-se que todo o material poderia vir a ser reciclado, a maioria dos catadores passaria a trabalhar em cooperativas.

As indústrias recicladoras compram o material dos outros agentes mencionados e são responsáveis pelo beneficiamento dos materiais para posterior revenda dos resíduos transformados para serem utilizados pelas indústrias de transformação que possuem mini-usinas de beneficiamento em suas próprias instalações como é o caso das indústrias do aço, vidro e papel.

A mensuração desta variável foi feita a partir do cálculo dos custos econômicos. Os custos econômicos podem ser definidos como a contribuição para os objetivos socioeconômicos da região, através de alguma alteração na disponibilidade de um produto ou fator de produção, e são dependentes dos objetivos do país e da restrição orçamentária e política.

Os custos podem ser classificados em dois tipos: custos de capital e custos anuais. A exemplo dos benefícios primários, os custos de capital podem ser diretos, no caso dos custos para a formação física do projeto (equipamentos, construção de instalações, etc.), ou indiretos (engenharia, projetos, etc.). Os custos anuais ocorrem após a implantação, durante a operação do projeto. Estes são divididos em: financeiro, de operação, manutenção e reposição, tributos e seguros. Os primeiros relacionam-se ao investimento e demais custos financiados. Os custos de operação, manutenção e reposição referem-se àqueles que se destinam a manter o empreendimento em perfeitas condições de funcionamento. Já os tributos e seguros devem ser pagos ao poder público no caso das taxas, e às empresas seguradoras públicas ou privadas no caso dos seguros.

A exemplo dos benefícios, os custos podem ser quantificados monetariamente a partir de seu valor presente:

$$[CP_{x,n}]_i = \sum_{t=0}^n \frac{C_{x,t}}{(1+i)^t} \quad (3.7)$$

2 – VENDA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (VMR)

Diversos são os tipos de materiais que podem ser reciclados ou reutilizados, e que estão presentes no lixo urbano. Dentre os materiais que serão considerados para fins deste estudo, estão: vidro, plástico, aço, alumínio, papel e matéria orgânica. Esta última é usada para produzir composto orgânico.

A proporção com que estes resíduos são encontrados no lixo urbano está apresentada na Tabela 3.4. O restante do lixo é composto de borracha, madeira, entre outros tipos de materiais que não serão considerados neste estudo. De acordo com a EMLURB, a variação percentual na composição gravimétrica dos resíduos gerados no Recife e em Jaboatão dos Guararapes não tem variado de forma significativa durante os anos, conforme já foi comentado em capítulo anterior. Por este motivo, estas mesmas proporções serão mantidas até o final do horizonte de planejamento considerado.

Tabela 3.4 - Composição Gravimétrica

<i>Material</i>	<i>%</i>
Vidro	5,00%
Alumínio	2,15%
Aço	0,25%
Plástico	7,00%
Matéria Orgânica	63,00%
Papel	12,00%
Outros	11,00%

Fonte: EMLURB

A tabela 3.5 apresenta a projeção da geração do lixo desde o presente até o ano de 2012, de acordo com a composição gravimétrica definida na tabela anterior.

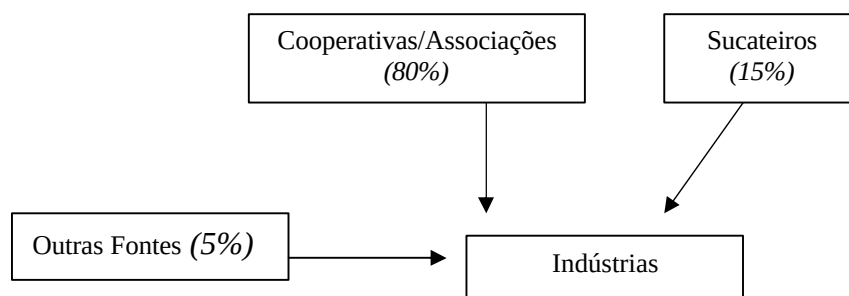
Tabela 3.5 – Quantidades Totais por Tipo de Material

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
TOTAL	776,7	815,5	856,3	899,1	944,1	991,3	1.040,9	1.092,9	1.147,6	1.205,0	1.265,2
Mat.	489,3	513,8	539,4	566,5	594,7	624,5	655,8	688,5	723,0	759,1	797,1
Orgânica											
Plástico	54,4	57,1	59,9	62,9	66,1	69,4	72,9	76,5	80,3	84,3	88,6
Vidro	38,8	40,8	42,8	44,9	47,2	49,6	52,0	54,6	57,4	60,2	63,3
Aço	16,7	17,5	18,4	19,3	20,30	21,3	22,4	23,5	24,7	25,9	27,2
Alumínio	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2
Papel	93,2	97,9	102,8	107,9	113,3	118,9	125,0	131,2	137,8	144,6	151,9
Outros	82,3	86,4	90,8	95,3	100,0	105,1	110,3	115,8	121,7	127,7	134,1

Fonte: Elaboração Própria

Vidro

Existe apenas uma indústria de transformação que trabalha com o vidro no Recife. Esta compra o material a intermediários, cooperativas e associações e, em menor número, a catadores e até mesmo aos próprios clientes. Não existem estimativas precisas sobre a forma como os agentes partilham o mercado dos recicláveis. Entretanto, como o presente estudo vislumbra uma situação hipotética, as proporções consideradas também são estimadas. Admite-se no caso do vidro que como os catadores estão inseridos no mercado formal, organizados sob a forma de cooperativas, este passaria a ser o agente responsável pelo repasse da maioria do material vendido (80%). Os 20% restantes, seriam comercializados por sucateiros (15%) e por outras fontes como doações e catadores ainda não inseridos no mercado formal (Figura 3.4).



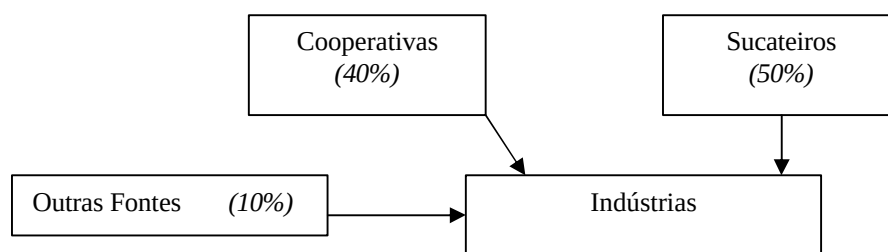
Fonte: Elaboração Própria

Figura 3.4 – Venda do Vidro Reciclável

Papel

Devido à grande demanda das indústrias pernambucanas por papel reciclável, elas não compram diretamente a catadores. Seus maiores fornecedores são as empresas intermediárias. Além destes, eles ainda obtêm material de fontes de grande geração como bancos, repartições, shopping centers ou supermercados. Em escala menor, é comprado o material de associações cujo preço é ligeiramente menor que nos intermediários.

Em geral, as próprias indústrias estão reciclando o papel. Não há indústria exclusivamente recicladora de papel nas cidades em análise. Diante deste quadro, estimou-se que os sucateiros são responsáveis pelo repasse de 50% dos materiais. Quarenta por cento seria recolhido pelas cooperativas e repassado às indústrias. O restante seria adquirido pelas indústrias através de outras fontes (Figura 3.5).

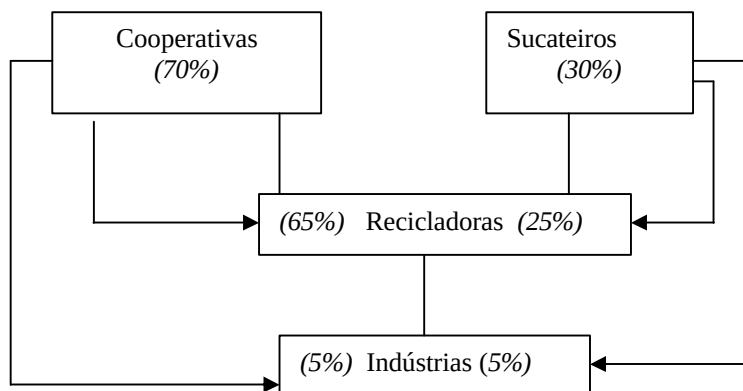


Fonte: Elaboração Própria

Figura 3.5 – Venda do Papel Reciclável

Plástico

Em geral, os fabricantes de artefatos de plástico, receosos da contaminação possível de ocorrer no processo de beneficiamento da matéria-prima secundária, não reciclam o material. Por este motivo, as indústrias compram o material reciclado diretamente das empresas recicladoras. Para fins deste estudo, portanto, considerou-se então que as indústrias reciclarão apenas 10% do material. O restante seria adquirido das indústrias de reciclagem, que por sua vez comprariam o material das cooperativas e sucateiros, conforme os percentuais apresentados na Figura 3.6 a seguir.

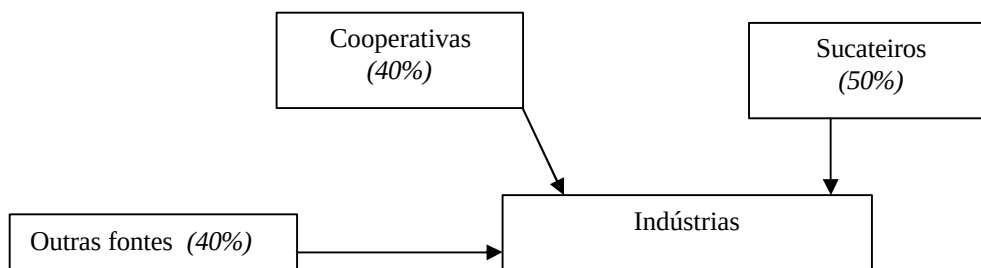


Fonte: Elaboração Própria

Figura 3.6 – Venda do Plástico Reciclável

Aço

No caso do aço, este é reciclado diretamente pelas indústrias. Assim, o material é recolhido pelos catadores que repassam o material para os sucateiros ou então pelos cooperados. Os cooperados recebem ainda material através de doação e os sucateiros podem adquirir o material em leilões. Todos repassam o material para as indústrias de transformação. O cenário adotado neste estudo está demonstrado a seguir na Figura 3.7.

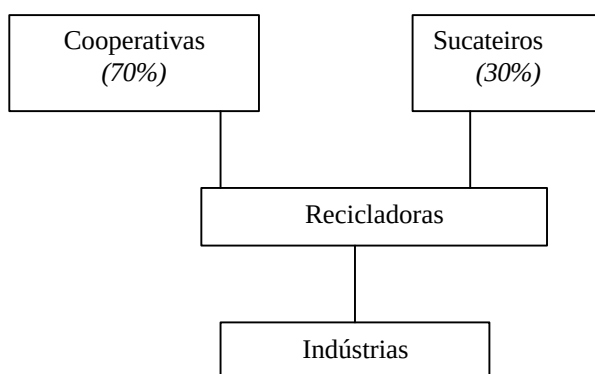


Fonte: Elaboração Própria

Figura 3.7 – Venda do Aço Reciclável

Alumínio

O caso do alumínio é oposto ao do aço. As indústrias de transformação compram o material das indústrias recicladoras, que, por sua vez, adquirem a sucata de alumínio dos sucateiros e cooperativas e até das próprias indústrias que entregam seus resíduos e escórias para serem tratados, sendo formado o cenário apresentado na Figura 3.8:



Fonte: Elaboração Própria

Figura 3.8 – Venda do Alumínio Reciclável

Matéria Orgânica

A matéria orgânica, matéria-prima para a produção de composto orgânico, não possui ainda um valor venal enquanto insumo produtivo. Por este motivo, só seria considerado o valor de venda do material já transformado em composto.

A mensuração desta variável, a exemplo da anterior, foi realizada através da estimativa dos custos econômicos. Sua valoração baseou-se nos preços de mercado de cada material praticado pelos diversos agentes. Para tanto, foram contactadas diversas empresas distintas,

incluindo cooperativas, sucatas e depósitos, recicladores e indústrias de transformação. A tabela 3.6 apresenta os preços unitários de cada material para cada agente considerado.

Tabela 3.6 – Preços Unitários dos Materiais Recicláveis por Agente (R\$/t)

<i>Agentes</i>	<i>Preço Unitário (R\$/t)</i>
- Vidro	
Cooperativas	100,00
Sucateiros	110,00
- Papel	
Cooperativas	300,00
Sucateiros	330,00
- Plástico	
Cooperativas	300,00
Sucateiros	330,00
- Aço	
Cooperativas	80,00
Sucateiros	90,00
- Alumínio	
Cooperativas	2.500,00
Sucateiros	2.750,00

Fonte: Elaboração Própria

3 - COMPRA DE MATERIAL RECICLADO E COMPOSTO (CMR)

Uma vez beneficiados nas unidades de reciclagem e de compostagem, os materiais são vendidos. Os materiais reciclados são então comercializados com as indústrias de transformação para serem utilizados como matéria-prima secundária a ser utilizada no processo produtivo. O composto orgânico é vendido à população em geral para ser utilizado como corretor de solo. Ao serem beneficiados, os materiais sofrem algumas perdas antes de serem vendidos como material reciclado.

No caso da compostagem da matéria orgânica, consegue-se uma redução de até 90% da matéria orgânica. A fim de não superestimar as vantagens da compostagem, considerar-se-

á que alcança-se uma redução de 80%, o que representa perdas de 20% do material. Esta consideração é verdadeira, uma vez que o material pode ainda sofrer perdas por evaporação e oxidação da matéria orgânica.

O rendimento médio dos demais materiais recicláveis (alumínio, papel, plásticos, aço e vidro) varia entre 65% e 90%, dependendo da quantidade de material coletado. Consequentemente, as perdas ocorridas durante o processo de beneficiamento variam entre 10% e 35%. Como não é possível precisar o percentual destas perdas, considerou-se para fins do presente estudo uma perda média de 20% para cada material. O único material que praticamente não sofre perdas, é o material ferroso. A Tabela 3.7 apresenta as quantidades anuais que poderão ser recicladas descontando as perdas ocorridas no processo de beneficiamento.

Tabela 3.7 – Quantidade Total Anual Potencialmente Reciclada

10³(t)

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
-Mat. Orgânica	489,3	513,8	539,5	566,5	594,8	624,5	655,8	688,6	723,0	759,1	797,1
Reciclada	391,5	411,0	431,6	453,2	475,8	499,6	524,6	550,8	578,4	607,3	637,7
-Plástico	54,4	57,1	59,9	62,9	66,1	69,4	72,9	76,5	80,3	84,3	88,6
Reciclado	43,5	45,7	48,0	50,4	52,9	55,5	58,3	61,2	64,3	67,5	70,9
-Vidro	38,8	40,8	42,8	45,0	47,2	49,6	52,0	54,6	57,4	60,2	63,3
Reciclado	31,1	32,6	34,3	36,0	37,8	39,7	41,6	43,7	45,9	48,2	50,6
-Aço	16,7	17,5	18,4	19,3	20,3	21,3	22,4	23,5	24,7	25,9	27,2
- Alumínio	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2
Reciclado	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
-Papel	93,2	97,9	102,8	107,9	113,3	119,0	124,9	131,2	137,7	144,6	151,8
Reciclado	74,6	78,3	82,2	86,3	90,6	95,2	99,9	104,9	110,2	115,7	121,5

Fonte: Elaboração Própria

A venda do material reciclado é realizada pelas indústrias recicladoras, valendo para este estudo os percentuais definidos no item anterior. A exemplo ainda dos itens anteriores, a estimativa desta variável foi realizada através dos custos econômicos representados pelos preços de mercado do material já beneficiado. Define-se na Tabela 3.8, o preço unitário por tonelada de material reciclado obtido junto a empresas da região.

Tabela 3.8 – Preço Unitário do Material Reciclado

<i>Material</i>	<i>Preço Unitário (R\$/t)</i>
Vidro	140,00
Papel	420,00
Plástico	540,00
Aço	110,00
Alumínio	3.500,00
M. Orgânica	90,00

Fonte: Elaboração Própria

4 - CUSTOS DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM E RECICLAGEM (CPR)

Os custos do processo tanto de reciclagem, como da compostagem, englobam os custos administrativos e operacionais que compõem os custos fixos e variáveis de uma unidade de compostagem e de uma unidade de reciclagem.

Para quantificar monetariamente esta variável, serão utilizados os preços de mercado fornecidos pelas empresas. As informações fornecidas se referem às próprias capacidades instaladas de produção das empresas, as quais são muito menores que o potencial de reciclabilidade das cidades. A quantificação monetária será realizada, portanto, tomando-se o produto entre o preço (R\$/t) informado pelas empresas para o processamento de matéria orgânica e dos materiais recicláveis, e a quantidade potencialmente reciclável nas duas cidades.

a) Cooperativas

A pesquisa para determinar os custos do processo de aquisição e venda dos materiais recicláveis foi realizada junto a cooperativas instaladas na região. De acordo com os responsáveis pela parte financeira das cooperativas, os custos do processo representam cerca de 20% da receita obtida com a venda dos materiais. Eles não sabiam informar o custo exato por tonelagem destes custos. Entretanto, com este percentual fornecido é perfeitamente possível calcular os custos incorridos no processo comercial destas cooperativas, uma vez que já se tem a estimativa dos ganhos auferidos por estes agentes.

b) Sucateiros

A exemplo das cooperativas, também não foi possível obter os custos precisos do processo de comercialização de sucatas na cidade do Recife. Entretanto, em visitas a algumas sucatas e depósitos da cidade, também obteve-se um percentual semelhante aos das cooperativas para a estimativa destes custos. Isto significa que os custos operacionais representam para os sucateiros um percentual de aproximadamente 20% da sua receita operacional.

c) Unidades Recicladoras

Os valores dos custos do processo para as unidades recicladoras incluem todos os custos operacionais da empresa, exceto os custos com matéria-prima que já foram computados no item específico de compra de material reciclável.

A valoração econômica será realizada a partir da consideração dos valores praticados no mercado por cada tipo de empresa. Estes valores foram fornecidos por empresas da região e estão sintetizados na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Custos Unitários de Processo

<i>Tipo de Empresa</i>	<i>Valor (R\$/t)</i>
Alumínio	160,00
Plástico	135,00
Matéria Orgânica	70,00

Fonte: Elaboração Própria

d) Indústrias

A valoração dos custos de processo para as indústrias que reciclam os materiais que utilizarão como matéria-prima, segue as mesmas premissas adotadas para as empresas de reciclagem. Os valores unitários foram fornecidos pelas empresas da região que realizam trabalho similar, os quais estão apresentados na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Custos Unitários de Processo

<i>Tipo de Empresa</i>	<i>Valor (R\$/t)</i>
Aço	200,00
Plástico	132,00
Papel	200,00
Vidro	20,00

Fonte: Elaboração Própria

d) Sociedade

O valor que os custos do processo adquirem para a sociedade é representado pelo somatório dos custos para todos os agentes.

5 – UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (URH)

A reciclagem de materiais pode proporcionar uma economia considerável na utilização de recursos hídricos no processo produtivo. Esta economia ocorre, pois a produção que utiliza matéria-prima secundária, requer uma quantidade de água inferior ao volume necessário em um processo produtivo que utiliza matéria-prima virgem. Tal economia acontece no caso específico das latas de aço e do papel/papelão. No caso dos demais materiais, não há redução significativa no grau de utilização dos recursos hídricos ao utilizar-se o material reciclado como insumo.

A estimativa da economia alcançada com a redução na utilização de recursos hídricos será realizada através do método dos custos evitados, um dos métodos indiretos de valoração ambiental.

Gastos defensivos ou custos evitados, segundo Motta (1998), representa os gastos que seriam incorridos pelos usuários em bens substitutos para não alterar o produto P que depende dos recursos ambientais A. Estes gastos podem ser considerados uma aproximação monetária sobre as mudanças dos recursos ambientais e são muito utilizados nos estudos de morbidade e mortalidade humana.

Suas vantagens principais consistem no fato de que os custos incorridos são facilmente observáveis ou mensuráveis, pois se referem a situações usuais para os usuários do sistema e são comumente usados no mercado. Entretanto, apesar de ser um instrumento de ampla aceitação, a exemplo dos demais métodos este também apresenta algumas desvantagens.

Entre as desvantagens, a mais contestada é a de que os gastos defensivos oferecem apenas uma estimativa mínima dos benefícios, tornando as estimativas subestimadas, pois desconsideram vários fatores, como o altruísmo do indivíduo para medir o valor dado à vida ou saúde alheia, além da falta de informação sobre os reais benefícios do recurso ambiental. No que se refere especificamente à valoração de morbidade e mortalidade, Maia (2002) aponta falhas sérias da metodologia como: os valores econômicos menores para os mais velhos e mais pobres e valores nulos para os desocupados e inativos, além de ignorar a preferência dos consumidores.

Como exemplo, citam-se os gastos com tratamento de água que são necessários no caso de poluição de mananciais, gastos com medicamentos para remediar efeitos na saúde causados pela poluição ou gastos de reconstrução de áreas urbanas devido a cheias de rios causadas por excesso de sedimentação em virtude da erosão do solo (MOTTA,1998).

A teoria por trás do método baseia-se na teoria do consumidor. Assume-se que as pessoas produzem saúde através da combinação de insumos de uma forma econômica, ou seja, minimizando os custos de atingir uma certa meta para a saúde.

$$S = f(Q,M,A) \quad (3.8)$$

Onde:

$S(.)$ = função de produção de saúde

Q = qualidade ambiental

M = cuidados médicos

A = comportamento impeditivo (*averting behavior*), que representa a resposta do consumidor a uma poluição em potencial, através da aplicação de alternativas para evitar a contaminação.

Aumentos em Q, M ou em A provocarão uma melhoria em S. Aumentos em M ou A podem agir como uma reposição para Q, quando a qualidade ambiental diminui mantendo o *status* da saúde constante. No caso de poluição do ar, por exemplo, A pode ser definido como a aquisição de filtros de ar ou o maior tempo de gasto em áreas internas.

Segundo Calderoni (1999), deve-se considerar que a reciclagem de papel proporciona uma redução no volume requerido de água, da ordem de 29.202 l/t de produção a partir de aparas de papel ou papelão. No caso do aço, a produção de latas a partir de material secundário implica na redução de 40% no consumo de água, o que significa uma diminuição de 4m³ em cada tonelada produzida.

6 – UTILIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (UEE)

Além da redução no volume de água, a utilização de materiais recicláveis no processo produtivo provoca uma diminuição no consumo de energia elétrica em relação à produção a partir de matéria-prima virgem. De acordo com Calderoni (1999), os ganhos energéticos com a produção de recicláveis são de:

- a) Alumínio: 95%
- b) Plástico: 78,7%
- c) Papel: 71%
- d) Aço: 74%
- e) Vidro: 13%

Alumínio

A produção de alumínio a partir de matéria-prima virgem consome 17,6MWh/t de energia. A partir de material reciclado este consumo é de 0,7MWh/t. Assim, a economia de energia por tonelada de alumínio produzido é de:

$$E_{al} = c_{mpv} - c_{mps} = 17,6 - 0,7 = 16,9\text{MWh/t}$$

onde:

E_{al} = economia de energia na produção de alumínio;

c_{mpv} = consumo de energia na produção de alumínio usando matéria-prima virgem;

c_{mps} = consumo de energia na produção de alumínio usando matéria-prima secundária.

Plástico

No caso do plástico, onde a economia atinge 78,7%, o consumo de energia utilizando matéria prima virgem é reduzido de 6,74MWh/t para 1,44 MWh/t. Assim, a economia da energia por tonelada de plástico produzido é de:

$$E_{pl} = c_{mpv} - c_{mps} = 6,74 - 1,44 = 5,30\text{MWh/t}$$

onde:

E_{pl} = economia de energia na produção que utiliza plástico;

c_{mpv} = consumo de energia na produção de plástico usando matéria-prima virgem;

c_{mps} = consumo de energia na produção de plástico usando matéria-prima secundária.

Papel

A economia energética que pode ser obtida com a reciclagem de papel é similar à economia obtida a partir do plástico, com uma variação percentual de cerca de 7%. Assim:

$$E_{pp} = C_{mpv} - C_{mps} = 4,98 - 1,47 = 3,51 \text{ MWh/t}$$

Aço

O aço, quando reciclado, pode economizar até 74% de energia elétrica durante o processo produtivo. Assim:

$$E_{aço} = C_{mpv} - C_{mps} = 6,84 - 1,78 = 5,06 \text{ MWh/t}$$

Vidro

O vidro é o material que menos apresenta ganhos em termos de energia consumida. Apenas 13% da energia é economizada com a reciclagem do vidro.

$$E_{vid} = C_{mpv} - C_{mps} = 4,83 - 4,19 = 0,64 \text{ MWh/t}$$

Composto Orgânico

De acordo com Valverde (1995), freqüentemente o composto é confundido com adubo químico, sendo erroneamente comparado a este em eficiência. O composto não pode substituir o adubo químico, apenas pode ser comparado em sentido inverso, quando o adubo químico é usado como corretor de solos.

Existem diferentes tipos de adubos químicos. Estes podem ter como constituintes diferentes bases químicas como ácido fosfórico, potássio, uréia, amônia, NPK composto, entre outros. Como são variados os tipos de adubos, também varia a quantidade de energia requerida nos processos produtivos.

O tipo de adubo químico que mais se assemelha à composição química do composto orgânico é aquele à base de NPK. O adubo NPK mais vendido no mercado apresenta os elementos nitrogênio, fósforo e potássio na proporção de 10% cada um. Já o composto orgânico apresenta 1,14% de nitrogênio, 0,84% de fósforo e 0,14% de potássio. Assim, a equivalência entre os tipos de compostos assume os seguintes valores: 11,4% de nitrogênio, 8,4% de fósforo e 1,4% de potássio. Adotando uma medida entre os valores de nitrogênio, fósforo e potássio para fazer a correspondência entre os dois compostos, chega-se a:

$$\text{Média} = (11,4 + 8,4 + 1,4) / 3 = 7\%$$

Considerar-se-á, portanto, que o composto orgânico apresenta uma economia de 7% de energia em relação ao NPK composto. Worrel *apud* Valverde (1995) estima a intensidade energética do NPK composto em 11,2 GJ/t (3,11MWh/t).

O benefício alcançado com a redução no uso de energia elétrica pode ser quantificado monetariamente através dos custos evitados com o consumo de energia elétrica. Estes custos evitados são obtidos pelo produto entre a economia total obtida com a reciclagem dos materiais e o valor da tarifa de energia elétrica industrial convencional. Como tem ocorrido uma variação no valor da tarifa média anual, a exemplo da tarifa de água, aqui também se fará uma extrapolação de tendências para a série histórica fornecida pela CELPE para fins de estimativa de anos futuros.

7 – UTILIZAÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA (UMP)

A produção de materiais como o vidro, o plástico, o papel entre outros, requer a extração de muitas toneladas de matéria-prima virgem da natureza. A retirada indiscriminada de recursos da natureza termina, em alguns casos, por provocar a escassez, como é o caso da madeira extraída para fabricar o papel.

Quando a produção é executada a partir de materiais reciclados, as matérias-primas já estão ali contidas. Assim, consegue-se uma economia de materiais como a bauxita, barreira, ferro gusa, resinas termoplásticas, entre outros. Ou seja, quanto maior for o nível de reciclagem, maior será a preservação do meio ambiente, a partir da diminuição da extração de seus recursos naturais. O grande beneficiado com a economia de matéria-prima que pode ser obtida a partir da reciclagem de materiais, é a indústria. Assim a variável em análise representa um benefício para o agente e consequentemente para toda a sociedade. A mensuração desta variável foi realizada pelo método dos custos evitados.

8 – CONTROLE AMBIENTAL

A reciclagem dos materiais representa uma redução considerável nos gastos com monitoramento ambiental, tanto no que se refere à poluição hídrica quanto à poluição atmosférica e o grande beneficiado com isto além da **Sociedade** é a **Indústria** que reduz significativamente seus custos operacionais com a redução destes tipos de poluição. O alumínio, por exemplo, quando reciclado, apresenta uma redução de 97% na poluição da água

e 95% na poluição do ar causada pelas indústrias. A Tabela 3.11 apresenta a redução na poluição que pode ser alcançada com a reciclagem dos materiais.

Tabela 3.11 – Percentual de Redução de Poluição Industrial

<i>Recicláveis</i>	<i>Redução da poluição devido à reciclagem</i>	
	<i>Água</i>	<i>Ar</i>
Alumínio	97%	95%
Vidro	50%	20%
Papel	35%	74%
Plástico	-	-
Aço	76%	85%

Fonte: Powelson *apud* CALDERONI(1999)

Além da sociedade, o grande beneficiado com a redução da poluição industrial é a própria indústria. A mensuração monetária do controle ambiental é aqui realizada pelos custos evitados. Isto significa que a economia que pode ser obtida com o controle das poluições hídrica e atmosférica ao se praticar a reciclagem é medida pelo valor monetário da diferença entre os custos incorridos pelas indústrias com controle ambiental, quando utilizam apenas matéria-prima virgem, e os custos que estas mesmas indústrias teriam, caso utilizassem o material reciclado.

9 – QUALIDADE AMBIENTAL (QA)

O lixo acarreta vários distúrbios de ordem ambiental. O correto tratamento provoca melhoria no meio ambiente, uma vez que reduz a poluição da terra, da água e do ar. Esta melhoria e o seu valor para a sociedade não têm como ser valorados diretamente no mercado,

motivo pelo qual se lançou mão, neste, estudo de mercados hipotéticos para captar o valor econômico, para os agentes, das melhorias na qualidade ambiental provocada pelo aumento nos índices de reciclagem e compostagem.

Rouquayrol (1993) ressalta que a poluição do meio ambiente pode trazer consequências maléficas para os homens como:

- Poluição do solo, podendo, a partir daí, causar a poluição de águas superficiais ou subterrâneas;
- Poluição da água, a partir do solo, ou como consequência do lançamento direto de resíduos sólidos nos recursos hídricos;
- Poluição do ar, resultante da queima não controlada dos resíduos;
- Poluição visual, resultante do aspecto antiestético dos resíduos, quando não dispostos adequadamente.

O modelo utilizado para tal avaliação foi o modelo de avaliação contingente (MAC). Esta metodologia está fundamentada na teoria econômica e procura extrair dos agentes considerados na avaliação o valor que estes atribuem aos recursos naturais e bens públicos a partir da estimativa de sua disposição a pagar por estes bens. A determinação destes valores é feita através de pesquisas diretas com os agentes, apresentando a eles, mercados hipotéticos, os quais têm a oportunidade de optar por tais bens. Através desta opção contingente, a valoração dos bens públicos é revelada.

Os estudos relativos à aplicação de entrevistas diretas à população com o objetivo de captar o valor dos bens públicos, incluindo neste caso os recursos naturais, remontam à década de 1940. À esta época, Wantrup publicou um artigo a respeito da mensuração de benefícios gerados a partir da preservação da erosão do solo (BREEDLOVE,1999).

A avaliação contingente da forma como aplicada atualmente, entretanto, teve sua primeira aplicação realizada por Robert Davis no ano de 1963. O estudo procurava determinar a disposição a pagar por benefícios gerados por áreas recreacionais na floresta do Maine. Na mesma época, Ronald Ridker aplicou o método em estudos sobre a poluição do ar. Desde então, o referido método vem sendo usado freqüentemente pelos economistas que necessitam valorar os bens e serviços ambientais. Com o tempo, órgãos como o Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) têm recomendado sua utilização em projetos sociais que englobam variáveis ambientais.

O MAC pode ser explicado a partir das preferências do consumidor. Considera-se que o consumidor apresenta uma função utilidade $U(x, z)$ e procura maximizar sua utilidade:

$$\text{Max } U(x, z) \quad (3.9)$$

$$\text{s.a} \quad p \cdot x = y \quad (3.10)$$

onde:

x = vetor de bens de mercado;

z = vetor de bens ambientais;

p = vetor de preços;

y = renda.

Assume-se que a escolha dos indivíduos recai sobre os bens de mercado, uma vez que o nível de provisão dos bens ambientais não está sujeito ao controle dos indivíduos. A solução do problema de maximização resulta na função de demanda ordinária apresentada a seguir, a qual relaciona a quantidade ótima do bem em função dos preços, da renda e do bem ambiental:

$$X_i = h_i(p, z, y) \quad i = 1, \dots, n \quad (3.11)$$

A partir da função demanda é possível determinar a função de utilidade indireta, representada como uma função dos preços e da renda e, no caso, também dos bens ambientais:

$$v(p, z, y) = u[h(p, z, y), z] \quad (3.12)$$

Supondo que ocorra um aumento de um elemento em z e que não haja variações nas quantidades e preços dos demais elementos, nem variação na renda, com $z^1 > z^0$ (1 e 0 representam os estados antes e depois do incremento em z), tem-se como consequência que a utilidade do indivíduo em 1 também é superior à utilidade no estado 0 :

$$u^1 = v(p, z^1, y) > u^0 = v(p, z^0, y) \quad (3.13)$$

A variação no bem-estar dos indivíduos decorrente de mudanças do estado 0 para 1 pode ser captada a partir de medidas de bem-estar. A teoria microeconômica destaca cinco destas medidas: o excedente do consumidor marshalliano (mais conhecido), a variação compensatória, a variação equivalente, o excedente equivalente e o excedente compensatório. Todas estas medidas podem ser utilizadas para aplicações de valoração contingente, dependendo do objetivo do estudo em andamento. Destarte, de acordo com Faria (1998), no caso de bens quase privados ou quase públicos, quando o indivíduo pode abster-se do consumo, as medidas mais apropriadas são o excedente do consumidor e as variações compensatórias.

No caso de bens ambientais que em sua maioria são disponibilizados em forma fixa, é indicado o uso do excedente compensatório ou do excedente equivalente. No estudo ora desenvolvido utilizou-se o excedente compensatório (EC). Esta medida corresponde ao valor da renda que o indivíduo deve compensar pelo acréscimo de z^0 para z^1 de modo que a utilidade permaneça a mesma ou se torne melhor que o estado inicial.

A medida do excedente compensatório com a variação de utilidade é captada a partir do questionamento sobre a variação na qualidade e disponibilidade do recurso de z^0 para z^1 e pode ser representada em termos da função utilidade indireta:

$$u^1 = v^1(p, z^1, y - EC) > u^0 = v(p, z^0, y) \quad (3.14)$$

No presente trabalho, será utilizada uma combinação do modelo *referendum* segundo a abordagem de Hanemann. O modelo é considerado de fácil aplicação, pois as questões são simples e diretas e os usuários estão familiarizados com este tipo de questionamento em seu cotidiano.

O modelo *referendum* foi introduzido por Bishop & Herbelein no ano de 1979 e teve em Michael Hanemann um de seus principais precursores. A abordagem pressupõe que os indivíduos maximizam sua utilidade e usam perguntas do tipo “Você estaria disposto a pagar R\$X por ano (mês) para garantir uma melhoria ambiental do estado z^0 para z^1 .” Estas são formuladas com o objetivo de captar o comportamento do indivíduo maximizador.

Sua preferência é captada através de respostas do tipo sim/não, dada sua função utilidade indireta $v(y, z, C)$ onde C é um vetor de características socioeconômicas individuais.

De acordo com o tipo de resposta tem-se que:

$$v(y-X, z^1, C) - v(y, z^0, C) \geq 0 \quad \text{quando} \quad \text{“sim”} \quad (3.15)$$

$$v(y-X, z^1, C) - v(y, z^0, C) < 0 \quad \text{quando} \quad \text{“não”} \quad (3.16)$$

A probabilidade de ocorrência das respostas é dada por:

$$P(\text{sim}) = P[v(y-X, z^1, C) + \varepsilon_1 \geq v(y-X, z^0, C) + \varepsilon_0] \quad (3.17)$$

$$P(\text{não}) = P[v(y-X, z^1, C) + \varepsilon_1 < v(y-X, z^0, C) + \varepsilon_0] \quad (3.18)$$

ε_0 e ε_1 são termos aleatórios representativos dos componentes não observáveis. As referidas probabilidades podem ser representadas por um modelo logit de modo que:

$$P(\text{sim}) = \frac{1}{1 + e^{-\Delta v}} \quad (3.19)$$

$$P(\text{não}) = \frac{1}{1 + e^{\Delta v}} \quad (3.20)$$

A DAP pela mudança ambiental corresponde ao excedente compensatório de forma que:

$$v(y - EC, z^1) = v(y, z^0) \quad (3.21)$$

$$v(y - EC, z^1) \varepsilon_1 - \varepsilon_0 = v(y, z^0) \quad (3.22)$$

Para valores superiores ao excedente compensatório, o indivíduo optará por permanecer no mesmo nível inicial; caso contrário, significa que ele estaria disposto a pagar um pouco mais pela melhoria no nível ambiental. Deste modo, as probabilidades de resposta do tipo sim/não seriam:

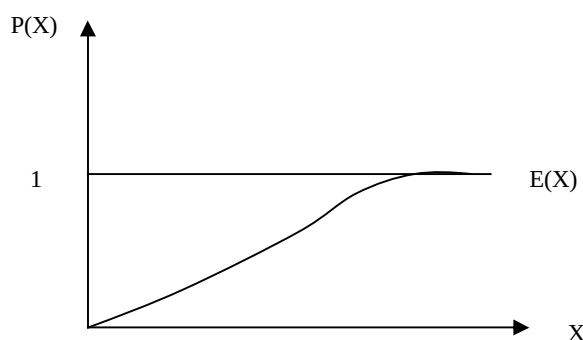
$$P(\text{sim}) = P(EC \geq X) \quad (3.23)$$

$$P(\text{não}) = P(EC < X) \quad (3.24)$$

À medida que o valor de X aumenta, também aumenta a probabilidade de rejeição da proposta, como é possível verificar pela Figura 3.9, representativa de uma função densidade acumulada com $P(EC < X)$. O valor esperado do excedente compensatório, quando $P(X)$ tender a 1 pode ser definido pela área compreendida acima da curva de função densidade e abaixo da curva $P(X) = 1$:

$$EC = \int_0^1 [1 - F(X)] dX \quad (3.25)$$

Pelo valor da expressão pode-se concluir que, se a probabilidade de resposta “não” é alta, o valor esperado do excedente compensatório é baixa.



Fonte: FREEMAN, 1993

Figura 3.9 – Função de densidade acumulada para rejeitar a oferta de y e o valor esperado do EC

Aplicação da Metodologia

A utilização do método de avaliação contingente parte da aplicação de uma pesquisa junto à população da área a ser valorada com o intuito de captar os valores individuais de uso e não-uso de determinado ativo ambiental através de um mercado hipotético. Como utiliza mercados hipotéticos, o método pode ser aplicado a uma grande variedade de problemas ambientais, sendo de particular utilidade no caso de bens e serviços de difícil mensuração.

A princípio não existe nenhum padrão definido para a execução da pesquisa, embora vários autores concordem que elementos como a descrição detalhada dos bens em valoração, das circunstâncias hipotéticas que afetam a disponibilidade do bem, questões que permitam a eleição de um valor que represente a DAP, além de informações socioeconômicas que possibilitem a identificação da percepção do indivíduo quanto ao problema em questão, são imprescindíveis em qualquer aplicação de valoração contingente.

De acordo com Nogueira, Medeiros & Arruda (1998) a elaboração da pesquisa deve obedecer ao cumprimento de seis etapas:

- 1) Estruturação do Mercado Hipotético, visando familiarizar os indivíduos com o problema posto em questão.
- 2) Obtenção dos Lances, a fim de captar as preferências dos consumidores através da disposição a pagar (DAP) ou da disposição a aceitar (DAC).
- 3) Estimação dos Valores Médios, pois geralmente os valores médios e medianos são apresentados. Os valores extremos (*protest bids* – lance zero e *treat outliers* – lances muito elevados) tendem a ser eliminados, com exceção dos casos em que a renda do indivíduo seja compatível com o lance.
- 4) Estimação da Curva dos Lances tomando a DAP como variável dependente e a renda, escolaridade, idade e preço que os indivíduos se dispõem a pagar, como variáveis independentes.
- 5) Agregação dos Dados em um único valor que é influenciado pela escolha da população relevante e média amostral.
- 6) Avaliação do Exercício do MAC.

Com base nestas etapas mencionadas construiu-se o modelo desenvolvido neste estudo cujos passos são descritos a seguir.

a) Estruturação do Mercado Hipotético

A criação dos cenários tem importância fundamental para a eficácia da aplicação do modelo. Os cenários devem ser passados aos respondentes da pesquisa de tal forma que permita uma visão detalhada da situação do ativo que está sendo valorado. Deve ficar bem definido o recurso que está sendo valorado, seu nível de provisão atual e a parcela da renda de que a pessoa abrirá mão para contribuir com a manutenção/conservação do ativo ambiental. Para auxiliar a visualização do sistema é comum a utilização de fotografias e gráficos de apoio. Nos casos em que a alteração do nível de provisão do recurso afete direta ou indiretamente os preços de mercado, obrigatoriamente esta informação deve ser passada ao respondente.

Dois tipos de problemas devem ser evitados: a complexidade dos cenários e a falta de informação em sua especificação. Em primeiro lugar, cenários complexos são de difícil compreensão e devem ser evitados. No tocante ao problema da falta de informações, pode acarretar desconfiças na população relativas à aplicabilidade e idoneidade dos responsáveis pelo projeto.

No caso da situação descrita no cenário não corresponder à realidade das respostas dadas pelos entrevistados, estas não representarão as preferências deles. Quando os cenários não são bem especificados, podem causar problemas de enrustamento (*embedding problem*) que se caracteriza pela falta de consistência entre a DAP oferecida e o nível de provisão do recurso.

Para evitar que problemas deste tipo ocorram, é necessário um planejamento extensivo e testes exaustivos evitando que ocorra qualquer tipo de viés por falta de especificação, uma vez que pequenas alterações nas palavras podem causar grandes diferenças nas respostas. Este tipo de refinamento, entretanto, é reconhecidamente oneroso, uma vez que implica em um alto

índice técnico e pesquisas pessoais relativamente largas, sendo sua aplicação recomendada apenas em casos extremos.

No presente estudo, ao realizar a pesquisa, os entrevistadores introduziam aos entrevistados a situação dos resíduos sólidos na cidade. A descrição do cenário foi complementada com a avaliação do conhecimento do respondente acerca de questões como a capacidade do aterro da Muribeca e a cobrança da taxa de limpeza pública.

b) Obtenção dos Lances

Ao planejar o modelo de avaliação a ser aplicado, deve-se escolher entre dois tipos clássicos de questões para captar as preferências individuais: a DAP ou DAC. No presente estudo, a captura é realizada através da DAP, ou seja, a máxima quantia que a pessoa estaria disposta a pagar pela conservação de um recurso ambiental. A DAP tem se mostrado a forma mais adequada para valorar alterações na provisão de uma grande classe de bens públicos.

A disposição a pagar é captada utilizando um modelo *referendum* baseado na abordagem de Hanemann onde são oferecidos valores aleatórios aos entrevistados para que ele decida sua disposição a pagar. A pesquisa foi conduzida a fim de captar as preferências da sociedade em geral.

As perguntas visavam captar a disposição a pagar dos indivíduos pela melhoria da qualidade ambiental provocada pelo incentivo à prática de programas eficientes de reciclagem e pela reinserção dos catadores no mercado formal através da prática das mesmas atividades. Para tanto, foram utilizadas duas questões baseadas no referido método. Antes de fazer as perguntas, os entrevistadores que receberam um treinamento prévio e um manual de pesquisa, apresentaram os cenários para que o entrevistado contextualizasse a situação. Quando o

entrevistado respondia SIM atribuía-se o valor 1 e no caso da resposta ser negativa, aplicou-se um valor 0.

Partindo do pressuposto de que os indivíduos derivam sua função utilidade para as práticas de reciclagem a partir da renda e de outros atributos socioeconômicos, a função pode ser representada por $U = U(J, Y, S)$, onde:

J é uma variável binária: $J = 1$ – o indivíduo contribui para as atividades de reciclagem;

$J = 0$ – o indivíduo não contribuiria

Y = renda;

S = vetor de outros atributos que influenciam a DAP.

Assim, a função utilidade pode ser representada por:

$U_0 = U(0, Y, S)$ – o indivíduo aceita contribuir

$U_1 = U(1, Y, S)$ – o indivíduo não aceita contribuir

As funções acima são variáveis aleatórias com distribuição de probabilidade e médias $v(0, Y, S)$, de modo que:

$$U(J, Y, S) = v(J, Y, S) + \varepsilon_j \quad J = 0, 1 \quad (3.26)$$

ε_0 e ε_1 são variáveis independentes, com média zero e variância finita. A resposta afirmativa ocorre apenas quando:

$$U_1(1, Y-P, S) - v(0, Y, S) \geq U_0(0, Y, S) \quad (3.27)$$

A resposta do indivíduo é uma variável aleatória com uma distribuição de probabilidade dada por:

$$P_1 = P(\text{aceitar}) \quad (3.28)$$

$$P_1 = P[v(1, Y-P, S) + \varepsilon_1 \geq v(0, Y, S) + \varepsilon_0] \quad (3.29)$$

$$P_1 = P[v(1, Y-P, S) - v(0, Y, S) \geq \varepsilon_0 - \varepsilon_1] \quad (3.30)$$

Considerando : $\Delta v = v(1, Y-P, S) - v(0, Y, S)$ e $\delta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$

$$P_1 = P\{\Delta v \geq \delta\} \quad (3.31)$$

$$P_0 = P(\text{não contribui}) \quad (3.32)$$

Considerando $F_\delta(\cdot)$ como a probabilidade do entrevistado aceitar o valor R\$P, tem-se que $P_1 = F_\delta(\cdot)$.

Além das perguntas de caráter dicotômico, foram efetuadas também perguntas baseadas em lances livres com o objetivo de obter uma informação extra.

c) Estimativa da Disposição a Pagar

A estimativa da DAP no presente estudo pressupõe a utilização de dois modelos econométricos: o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) para analisar os determinantes da disposição a pagar manifestada (*stated willingness to pay*) e o modelo logit que permite a determinação da verdadeira disposição a pagar (*true state willingness to pay*).

A resposta dada pelos indivíduos é uma variável descontínua e dicotômica. A análise econométrica é realizada pelo modelo logit para estimar primeiro, a probabilidade de um indivíduo se dispor a pagar e, em seguida, o preço em que a probabilidade de obtenção de uma resposta SIM seja de 50%, considerado o valor máximo que um indivíduo estaria disposto a pagar (RIBEIRO, 1998).

O modelo logit pressupõe a utilização da função distribuição logística representada por:¹

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} \quad (3.32)$$

¹ Baseado em Gujarati, 1988

onde:

$$Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i$$

X_i = vetor de variáveis explicativas

β = Parâmetros a serem estimados

Z_i varia entre $-\infty$ e ∞ , P_i varia entre 0 e 1 e é não-linearmente relacionado com Z_i .

Considerando que P_i é a probabilidade de aceitação do indivíduo de um determinado valor, então $(1 - P_i)$ é:

$$1 - P_i = \frac{1}{1 + e^{Z_i}} \quad (3.32)$$

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = \frac{1 + e^{Z_i}}{1 + e^{-Z_i}} = e^{Z_i} \quad (3.33)$$

Note-se que $\frac{P_i}{1 - P_i}$ é a razão entre a probabilidade de aceitação do valor e a

probabilidade de não aceitação. Tomando-se o logaritmo natural da expressão acima, chega-se

a:

$$L_i = \ln \frac{P_i}{1 - P_i} = Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i \quad (3.34)$$

L é o logaritmo da razão $\frac{P_i}{1 - P_i}$ e é não apenas linear em X , mas também nos

parâmetros. L é denominado logit, razão da denominação do modelo.

De acordo com Aguirre & Faria, (1996), o modelo logit pode ser interpretado como resultado de uma escolha que maximiza a distribuição de probabilidades $F_8(\cdot)$.

Considerando que:

$$\Delta v = v(1, Y-P, S) - v(0, Y, S) \quad (3.35)$$

$$v(J, Y, S) = a_j(s) + b(y) \quad \text{com } J=0,1 \text{ e } b>0 \quad (3.36)$$

$$\Delta v = a_1(s) + b(Y-P) - a_0(s) - bY \quad (3.37)$$

$$\Delta v = [a_1(s) - a_0(s) - bP] \quad (3.37)$$

$$\Delta v = [(a_1 - a_0) - bP] \quad (3.38)$$

$$\Delta v = a - bP \quad (3.39)$$

o modelo estatístico discreto de escolha binária será então:

$$P_1 = F_\delta(\Delta v) \quad (3.40)$$

$$P_1 = F_\delta(a - bP) \quad (3.41)$$

e deve satisfazer à seguinte igualdade:

$$U(1, Y-P^*, S) = U(0, Y, S), \text{ ou seja} \quad (3.42)$$

$$v(1, Y-P^*, S) - v(0, Y, S) = \delta \quad (3.43)$$

δ tem uma distribuição logística padronizada com média e mediana iguais a zero.

Assim, considerando que $\Delta v = \delta = 0$ e P^* como o valor médio representativo da disposição a pagar do indivíduo:

$$\Delta v (P^*) = 0 \quad (3.44)$$

$$a - bP^* = 0 \quad (3.45)$$

$$P^* = \frac{a}{b} = DAP \quad (3.46)$$

Nos casos em que o modelo apresentar mais de uma variável independente, o denominador representará o parâmetro do preço e o numerador representa o intercepto e o produto entre os valores médios das outras variáveis e parâmetros.

d) Fontes de Dados

As características socioeconômicas da população, bem como a sua disposição a pagar foram captadas a partir de uma pesquisa de campo realizada em dezembro de 2003. A forma mais usual de realizar uma pesquisa de campo, e também considerada mais racional, tem sido a utilização das técnicas de amostragem. Segundo Cruz (1978) a difusão das técnicas de amostragem se deve não apenas à impraticabilidade da observação numérica da totalidade, mas também devido ao aspecto econômico das investigações que são conduzidas com um menor custo dentro do menor tempo, permitindo uma maior precisão nos resultados.

Para determinar o tamanho da amostra, realizou-se inicialmente uma pesquisa piloto a fim de determinar os elementos essenciais da amostra como a proporção de ocorrência, média e variância, além de testá-la sob diversos ângulos como a fixação do tempo de duração, estimativa do custo global e eficiência da pesquisa a ser realizada.

Existem diversas formas de se determinar uma amostra. Neste estudo, o tamanho da amostra a ser entrevistada baseou-se na variância estimada na pesquisa piloto, tendo-se determinado previamente o erro de estimação e o grau de confiança. Para tanto, estimou-se a seguinte equação obtida em Bussab & Moretin (2003):

$$n = \frac{s^2 z_g^2}{e^2} \quad (3.47)$$

onde:

n = número de elementos da amostra;

z = coeficiente de probabilidade relativo ao nível de confiança adotado

σ^2 = variância da amostra

ε = erro amostral máximo

$$g = P(-Z_g < Z < Z_g)$$

10 – GERAÇÃO DE EMPREGOS (GE)

A triagem do lixo doméstico na cidade do Recife já é bem conhecida pelos seus residentes. Os catadores circulam freqüentemente pelas ruas da cidade selecionando os materiais das lixeiras. Aqueles que trabalham nas ruas, recolhem os materiais antes destes serem compactados pelos caminhões. Existem também os catadores que trabalham no aterro. Atualmente, cerca de 50 famílias residem no próprio aterro da Muribeca.

Cerca de 2000 catadores recolhem materiais nas ruas do Recife e no aterro da Muribeca. Neste último residem cerca de 50 famílias. Os ganhos mensais destes catadores oscilam entre R\$200,00 e R\$400,00. Ao final de um ano, estes ganhos somam entre R\$2.400,00 e R\$4.800,00. Estes catadores são responsáveis pela coleta de um percentual, pequeno ainda, de resíduos na cidade do Recife. Cada catador tem uma capacidade de recolher até 100Kg de materiais diariamente, o que dá um total de 31 toneladas por ano. Para que sejam coletados todos os resíduos recicláveis da cidade, levando-se em consideração que é desejo da Prefeitura fornecer meios de subsistência à população, pode-se concluir que será necessária uma quantidade maior de catadores, de modo que os programas de coleta, ora restritos a apenas dois bairros, possam ser ampliados por toda a cidade, gerando assim inúmeros empregos. A valoração desta variável foi realizada através do MAC aplicado à população em geral.

11 – REDUÇÃO NOS CUSTOS DE TRANSPORTE, COLETA E TRANSBORDO-RCC

Esta variável representa os custos que seriam evitados pelas Prefeituras das cidades do Recife e de Jaboatão dos Guararapes com a diminuição do volume de lixo pelo qual teriam que se responsabilizar, provendo sua coleta, transporte e disposição final.

No que se refere a coleta e transporte de resíduos, o serviço é realizado pelas duas cidades separadamente. Em ambas, os serviços são terceirizados e executados por três diferentes empresas em cada. Como deseja-se estimar os custos evitados pelas cidades com a coleta e transporte dos materiais, esta parte será valorada pois, como a diferença entre os custos atuais de coleta incorridos pelas prefeituras e aqueles que seriam incorridos caso houvesse sido implantado um sistema de gestão que fosse capaz de recuperar os materiais recicláveis dos lixos.

A disposição final dos resíduos coletados no Recife e em Jaboatão, ocorrem no mesmo espaço, o aterro da Muribeca. Por conseguinte, o custo é um só. A valoração dos custos evitados com a disposição final é realizada a partir da diferença entre os custos incorridos pelas prefeituras com o gerenciamento do aterro e aqueles que passariam a existir no caso de só serem encaminhados ao aterro os resíduos não recicláveis e as perdas de material reciclável e matéria orgânica. O valor da variável corresponde ao somatório das economias totais de coleta e disposição.

12 – CUSTOS DE COLETA SELETIVA (CS)

No Recife, a coleta seletiva não tem nenhum ônus para a Prefeitura, uma vez que o projeto RecicLAR só é realizado em doze bairros com funcionários e caminhões da própria prefeitura. Em Jaboatão dos Guararapes ainda não há serviço de coleta seletiva.

A mensuração desta variável foi realizada através dos custos econômicos dispendidos com a coleta seletiva nas cidades consideradas. No país, o custo médio com coleta seletiva, segundo a pesquisa Ciclossoft realizada pelo CEMPRE em 2002, o custo médio com coleta seletiva é da ordem de R\$200,00/t. Entretanto, este custo diminui à medida que aumenta o grau de abrangência da coleta nas cidades. Assim, optou-se por utilizar, no presente estudo, o custo de uma cidade que tenha 100% de abrangência de esquemas de coleta seletiva, ou seja, Curitiba, onde os custos são da ordem de R\$82,00/t.

13 – RECEITA DA PREFEITURA (ROP)

A receita das Prefeituras provém da Taxa de Limpeza Pública cobrada dos contribuintes. Esta taxa, a TLP, tem como fato gerador a prestação de serviços municipais de coleta e remoção de lixo e é recolhida conjuntamente com o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). O valor desta taxa varia de acordo com a área construída do imóvel e com o seu uso (residencial, comercial com lixo orgânico, industrial e hospitalar). O valor desta variável corresponde então à receita auferida pelas prefeituras com a TLP.

14 – REDUÇÃO DE MORBIDADE E MORTALIDADE

Devido à sua composição variada, o lixo pode conter agentes biológicos patogênicos ou químicos tóxicos. Estes agentes podem alcançar o homem por via direta ou por contaminação indireta por meio de vetores que habitam o lixo, causando-lhe transtornos à saúde.

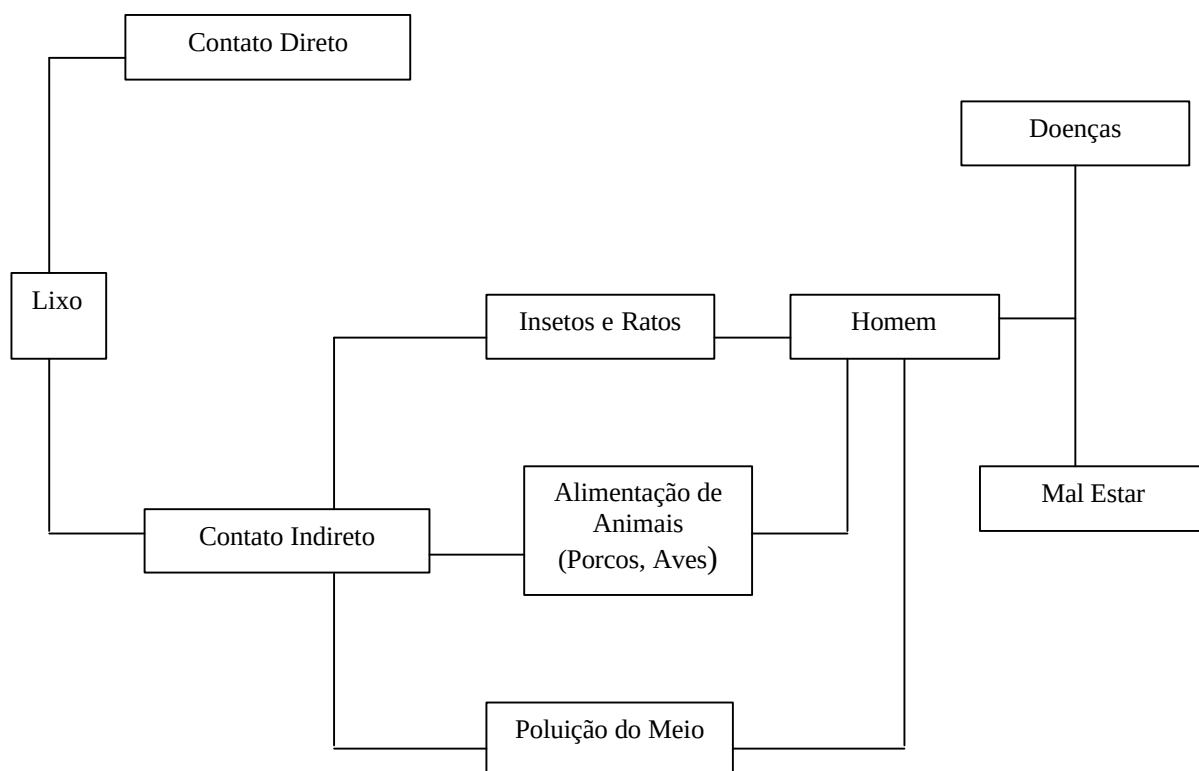
O lixo representa componente que não pode ser desprezado no estudo da estrutura epidemiológica de vários agravos à saúde. Contudo a sua influência se faz sentir, principalmente por vias indiretas. Assim é que ele propicia condições que facilitam, ou mesmo possibilitam, a ação de múltiplos fatores. Do conjunto destes últimos, resultam, como efeitos, os vários inconvenientes à saúde e bem estar da comunidade (FORATTINI *apud* ROUQUAYROL, pg. 417, 1993).

Segundo Zanon (1995), de acordo com os modernos conceitos de epidemiologia, os riscos de transmissão direta dos resíduos sólidos dependem da presença de agentes infecciosos, da capacidade de sobrevivência destes no lixo e da possibilidade de transmissão para um hospedeiro suscetível, sendo necessária a interação simultânea para que o lixo tenha potencial contaminador.

Assim, a contaminação direta se restringe à possibilidade de ingestão ou contaminação por meio de alguma lesão na pele. O potencial de risco nesse caso é limitado aos catadores e àqueles que se alimentam de restos dos lixões. Em consulta a uma assistente social, esta informou que a maioria dos catadores não tinha queixas mais sérias com relação ao contato com o lixo, apenas algumas doenças de pele, sobre as quais ela afirmou não ter informações mais precisas acerca de sua incidência. Por via indireta, o lixo propicia as condições facilitadoras para causar prejuízos à saúde e ao bem-estar da comunidade.

De acordo com Rouquayrol (1993), os resíduos sólidos favorecem a proliferação de mosquitos, moscas, baratas e ratos, os quais são responsáveis pela transmissão de inúmeras

doenças ao homem. As moscas e baratas podem transmitir febre tifóide, salmonelose, disenterias, entre outras infecções. Os mosquitos, por sua vez, transmitem filariose, malária, dengue e febre amarela. Doenças como a leptospirose, triquinose, salmonelose podem ainda ser transmitidas por roedores. A Figura 3.10 reproduz as formas de transmissão de doenças por meio do lixo.



Fonte: ROUQUAYROL, 1993

Figura 3.10 – Vias de Contato do Homem com o Lixo

Os diversos tipos de doenças ocasionadas pelo lixo podem ser drasticamente reduzidos, caso haja uma solução adequada para os resíduos sólidos de uma cidade. Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde *apud* Rouquayrol (1993), com esta solução é possível acabar com 90% das moscas, 65% dos ratos e 40% dos mosquitos.

O objetivo desta parte do trabalho é estimar em termos monetários a redução nos riscos de morbidade e mortalidade associados ao contato direto ou indireto com o lixo. O valor econômico que as doenças têm para a sociedade, pode ser medido de diversas formas, todas baseadas na incidência destas sobre a população em análise. Uma das formas mais diretas é o acompanhamento no tempo a um grupo específico de pessoas expostas aos fatores de risco. Entretanto, este tipo de levantamento é muito demorado.

Outro modo muito utilizado é a análise dos dados estatísticos através de séries temporais ou “*cross section*”. Uma vez obtidas as informações sobre a incidência das doenças, o valor associado ao aumento/diminuição do seu risco pode ser obtido por meio de métodos de valoração como o custo de reposição (custo da doença), da produtividade marginal (capital humano), preços hedônicos ou avaliação contingente

No estudo em desenvolvimento a variável será valorada a partir de uma variante método do custo de reposição, o custo da doença. Este é um método específico para o caso em que os custos a serem contabilizados incluem gastos relativos a doenças provocadas por impactos ou perdas de recursos naturais. Neste caso, os gastos resultantes das doenças (custos com médicos, visitas ou internações em hospitais, medicamentos, dias de trabalho perdidos) são usados para valorar a perda do bem ou serviço ambiental causado pela poluição. Relaciona, pois, o impacto ambiental, através de uma função dose-resposta, com o efeito sobre a saúde.

O método do custo de doença despreza os efeitos das preferências individuais como exógenos e não reconhece que indivíduos podem se comprometer com ações defensivas (vacinas, sistemas de filtração de ar) ou arcarem com os custos para reduzir os riscos da doença. E, ainda, exclui perdas fora do mercado associadas com a doença (dor, sofrimento) para o indivíduo e demais envolvidos, além de restrições em atividades fora do mercado de trabalho formal (DIXON, 1984).

De acordo com Motta (1998), uma vez que o método dos custos de doença não contabiliza perdas fora do mercado associadas com a doença, a disposição dos indivíduos para diminuir o risco é maior que o custo de doença valorado.

Morbidade

De acordo com Motta, Ortiz & Ferreira (1999), os custos de saúde associados à poluição atmosférica que podem ser estendidos aos demais tipos de poluição, podem ser classificados em quatro categorias:

- 1) Gastos médicos associados com tratamento de doenças induzidas pela poluição, no caso em estudo, da exposição a vetores que vivem nos lixos ou ainda devido à poluição hídrica;
- 2) Dias de trabalho que os indivíduos perdem devido à enfermidades;
- 3) Gastos para evitar as doenças e atividades associadas com tentativas de mitigá-las;
- 4) Desutilidade associada aos sintomas e oportunidades de lazer perdidas com a doença.

Os dois últimos itens são de difícil mensuração, motivo pelo qual focalizou-se este estudo nos gastos evitados com o tratamento de doenças e os dias perdidos de trabalho. Para tanto, lançou-se mão do método dos custos de reposição, baseado na seguinte função:

$$CD = \text{gastos com tratamento} + \text{custo dos dias parados}$$

onde:

CD = Custos da doença;

Gastos com tratamento = gastos de internação + gastos ambulatoriais

Custos dos dias parados = n° de internações de pessoas em idade ativa x média de permanência x renda mensal diária

Os dados para a aplicação da metodologia foram obtidos através de consultas ao Ministério da Saúde, sistema DATASUS, IBGE e Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco. Através do Sistema de Informações Hospitalares (SIH), implantado pelo Ministério da Saúde no início da década de 1990, foi possível obter a quantidade de internações de cada doença por ano, a média de permanência em dias e o valor dos gastos hospitalares.

Mortalidade

A valoração do custo de uma vida é bem mais complexa do que a valoração anterior. A vida é um bem inestimável e qualquer tentativa de valoração corre o risco de cair na subestimação e desvalorização do real valor deste item. Entretanto, não pode ser uma variável que deva passar despercebida em estudos que procurem englobar os aspectos ambiental e social em sua análise.

A metodologia escolhida para valorar a redução na mortalidade foi adaptada de um estudo realizado por Motta, Ortiz & Ferreira (1999) para avaliar economicamente os impactos causados pela poluição atmosférica na saúde humana para a cidade de São Paulo. Uma das soluções apontadas pelo estudo refere-se ao aproveitamento de estudos prévios, através da transferência de benefícios para calcular o Valor da Vida Estatística. Este valor é representado pela relação entre a DAP dos indivíduos para evitar o risco de vir a morrer e a variação neste risco alcançada pelas melhorias.

A transferência de benefícios consiste na adaptação da DAP ou qualquer outro tipo de estimativa de um local previamente estudado, para outro que se deseja estudar, por meio de um fator de conversão baseado em diferenças de renda per capita. Para tanto, os autores

transferiram os valores de um estudo da Comissão Europeia, o ExternE de 1998. Os dados econômicos utilizados para a transferência (Tabela 3.12) foram calculados a partir de dados dos quinze países que faziam parte da União Europeia, na época tendo sido calculados dois fatores de conversão:

$$\text{Fator 1} = \left(\frac{\text{PPC}_{\text{Br}}}{\text{PPC}_{\text{EU}}} \right)^e$$

$$\text{Fator 2} = \left(\frac{P_{\text{Br}}}{P_{\text{Eu}}} \right)^e \times \left(\frac{E_{\text{Br}}}{E_{\text{Eu}}} \right) \times \left(\frac{G_{\text{Br}}}{G_{\text{Eu}}} \right)$$

onde:

PPC_{Br} = Paridade do poder de compra no Brasil em 1995;

PPC_{Eu} = Paridade do Poder de compra na Europa em 1995;

e = elasticidade-renda da demanda no Brasil;

P = PIB per capita em 1995;

E = expectativa de vida ao nascer em 1995;

G = gastos com saúde como porcentagem do PIB em 1995.

Tabela 3.12 – Valores de Estatísticas Transferidas para o Brasil

US\$ = R\$3,00

	<i>Brasil</i>	<i>Europa</i>
Variáveis (US\$)		
PIB per capita (P)	3.640,00	21.538,20
Expectativa de vida (E)	67,1	77,3
Gastos com saúde (G)	7,4	8,6
Paridade do Poder de Compra	5.500,00	17.900,00
Fatores para Transferência	Fator 1	Fator 2
-e = 1	0,307263	0,126273
-e = 0,54	0,528756	0,286075

Fonte: Motta, Ortiz & Ferreira (1999)

4 - APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO E TAXA INTERNA DE RETORNO

Uma vez determinadas todas as variáveis, partir-se-á então para a aplicação da metodologia. Com relação à aplicação da análise custo-benefício para a sociedade como um todo, será montado o fluxo de caixa considerando todas as variáveis analisadas e o ponto de vista de todos os agentes. Uma vez montado o fluxo de caixa, pode-se calcular os indicadores de viabilidade do projeto em análise. Para o presente estudo serão consideradas as seguintes metodologias: Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

O Valor Presente Líquido (VPL) é um dos modelos mais utilizados e recomendados pelos principais organismos de fomento mundiais, por ser considerado mais rigoroso e isento de falhas técnicas que os demais. Consiste na determinação da diferença entre os benefícios líquidos e os custos líquidos do projeto.

$$[VPL_{x,n}]_i = [BP_{x,n}]_i - [CP_{x,n}]_i$$

onde:

$[VPL_{x,n}]_i$ = Valor Presente Líquido

x = alternativa

n = número de anos

t = tempo considerado

i = taxa de desconto

$$[BP_{x,n}]_i = \text{Benefício Presente Líquido} \quad \Rightarrow \quad [BP_{x,n}]_i = \sum_{t=0}^n \frac{B_{x,t}}{(1+i)^t} ;$$

$$[CP_{x,n}]_i = \text{Custo Presente Líquido} \quad \Rightarrow \quad [CP_{x,n}]_i = \sum_{t=0}^n \frac{C_{x,t}}{(1+i)^t} ;$$

A Taxa Interna de Retorno(TIR), juntamente ao VPL, é um dos métodos mais utilizados, sendo, inclusive, recomendado pelo Banco Mundial. Consiste em uma taxa de capitalização que iguala os Benefícios aos Custos Presentes Líquidos. Portanto, é uma taxa não negativa que anula o Valor Presente Líquido.

5 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Indubitavelmente, os fatores que mais preocupam os tomadores de decisão na análise da viabilidade de alternativas, são o risco e a incerteza. O risco faz parte de todos os processos de investimento e ocorre porque não existe a certeza de que não haverá variações no retorno associado a uma determinada alternativa.

Na maioria dos estudos econômicos, lida-se com variáveis para determinar a atratividade das alternativas, as quais são apenas estimativas de valores. Apesar destas, quando bem trabalhadas, oferecerem as melhores projeções, não dão certeza absoluta acerca dos valores esperados. Como exemplos clássicos, pode-se citar o comportamento futuro da economia, vendas futuras de um certo produto, custos de equipamentos, entre outros. Quando são conhecidos os estados futuros e a probabilidade de ocorrência de uma determinada variável, diz-se que há risco. Caso contrário, ocorre a incerteza.

O volume de informações necessárias ao processo de planejamento e a necessidade de projeção para anos futuros constituem-se nos principais fatores de risco de uma análise. No que se refere às informações de projeto, existem duas classes de risco: as referentes às fontes endógenas de risco e as que se referem às fontes exógenas.

As fontes endógenas constituem os fatores internos do projeto, como volumes de investimento de produção, de financiamento, estrutura administrativa, entre outros valores sobre os quais as entidades podem exercer um maior controle. Já as fontes exógenas são

aquelas sobre as quais não se tem nenhum controle, como a situação econômica do setor, mudanças tecnológicas, as preferências dos consumidores e a taxa de variação diferencial nos preços dos fatores (taxa de inflação relativa aos preços das matérias-primas, mão-de-obra, etc).

Os analistas têm o dever de procurar evitar erros de elaboração de projetos, oriundos da não consideração da incerteza e do risco. Para que a incerteza seja considerada na avaliação, deve-se assumir algumas posturas básicas como: assumir a vida útil do projeto como sendo menor que a vida econômica, tornar o projeto flexível de forma a torná-lo condizente com a realidade, planejar cenários futuros e atuais, identificando, assim, as necessidades de saciedade em situações opostas, utilizar as técnicas de determinação do risco e incerteza (FURTADO & KAWAMOTO, 1997).

As formas mais utilizadas para tratar o risco e a incerteza são a análise probabilística e a análise de sensibilidade. A análise probabilística é utilizada na previsão de riscos decorrentes de erros de dados e alteração do quadro econômico. Deve ser aplicada nos casos em que é possível definir uma lei de probabilidade, cujos fatores são aplicados no próprio processo de planejamento.

A análise de sensibilidade é recomendada para a previsão de riscos derivados de insuficiência, erros e má interpretação dos dados. É o tipo de análise recomendada, quando não se dispõe de maiores informações acerca da probabilidade de ocorrência dos eventos, e é, portanto, muito utilizada na análise de projetos. Com a análise de sensibilidade é possível determinar o impacto causado pela variação das variáveis incluídas no projeto. A análise de sensibilidade é realizada mediante a avaliação do efeito produzido na rentabilidade do investimento, quando se variam os dados de entrada. Caso alguma mudança no valor de uma variável implique em uma mudança na escolha de alternativa ou rejeição do projeto, diz-se que a decisão é sensível àquela estimativa.

A técnica pode ser aplicada a inúmeras variáveis, porém, na prática, recomenda-se a escolha de apenas algumas delas (as mais sensíveis) e a análise de rentabilidade a uma variável por vez.

A idéia básica, ao se valer da técnica da análise de sensibilidade, é a de verificar quão sensível é a variação do VPL a uma variação dos componentes do fluxo de caixa. Os parâmetros que, proporcionalmente, provocarem uma maior variação no VPL do projeto, serão classificados como sensíveis. Esses parâmetros demandarão investigações adicionais para melhorar sua estimativa e, por conseqüência, melhorar também as informações relevantes para a tomada de decisão (CLEMENTE *et al.*, 1998). Caso algumas variáveis apresentem sensibilidade a pequenas variações, pode-se chegar à conclusão de que o projeto apresenta um certo grau de risco e a decisão de executá-lo depende da aversão ao risco da tomada de decisão.

A última etapa deste estudo consiste, então, na aplicação de uma análise de sensibilidade aos fluxos de caixa encontrados para a sociedade como um todo. A análise de sensibilidade é realizada após a estimação dos indicadores de viabilidade com o objetivo de diminuir a incerteza inerente a todos os processo de avaliação de viabilidade. Ela é recomendada para a previsão de riscos derivados de insuficiência, erros e má interpretação de dados.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS

No capítulo anterior foram definidas todas as premissas a serem utilizadas na análise da cadeia dos resíduos sólidos nas cidades do Recife e de Jaboatão dos Guararapes. Além da definição dos passos necessários à aplicação da análise benefício-custo. Também foi determinada a metodologia de valoração da cada variável incluída no processo. Após todas estas definições, no presente capítulo, serão aplicadas as metodologias definidas previamente e também serão analisados os resultados obtidos.

4.1 – Valoração das Variáveis

Nesta etapa foi realizada a valoração das variáveis incluídas no modelo definidas no item 3 da seção 3.3 do capítulo anterior. A seguir serão apresentados os resultados obtidos para cada uma delas.

a) INVESTIMENTOS EM UNIDADES DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM

Esta variável foi definida no Capítulo 3 como sendo os custos econômicos incorridos na implantação das empresas para os seguintes agentes: cooperativas, sucateiros, recicladoras e indústrias. Considerou-se ainda o agente sociedade, cujo valor corresponde ao somatório dos custos de todos os agentes.

Para efeitos de cálculo dividiu-se os gastos de implantação em: infra-estrutura, máquinas e equipamentos, capital de giro e despesas pré-operacionais. A memória de cálculo destes custos para cada agente está discriminada no Apêndice A. Uma vez definidos os investimentos necessários às cooperativas, sucateiros, recicladores e indústrias, foi possível obter o valor total dos investimentos representativos do agente Sociedade (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Investimentos Totais por Agente

<i>Agentes</i>	<i>Investimentos (R\$)</i>
Cooperativas	(7.396685,51)
Sucateiros	(11.444.074,40)
Indústrias Recicladoras	(89.925.695,98)
• Plástico	(41.352.601,50)
• Alumínio	(3.212.425,48)
• Compostagem	(45.360.669,00)
Indústrias	(258.230.157,75)
• Aço	(29.700.000,00)
• Plástico	(1.572.816,00)
• Vidro	(91.957.341,75)
• Papel	(225.000.000,00)
TOTAL	(366.996.613,64)

Fonte: Apêndice A – Elaboração Própria

b) VENDA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (VMR)

Os principais agentes que sofrem algum tipo de impacto desta variável são as cooperativas, os sucateiros, os recicladores, as indústrias e a sociedade. Apresenta-se a seguir a forma como cada agente é afetado pela variável em análise.

i) Cooperativas

As cooperativas também só têm a ganhar com a venda do material reciclável, uma vez que elas próprias recolhem o material ou o obtêm por meio de doações. O balanço econômico para este agente será, pois, o somatório dos ganhos auferidos com a venda dos materiais. Apresenta-se na Tabela 4.2 os preços unitários de venda de cada material praticado pelas cooperativas.

Tabela 4.2 – Preços Unitários – Cooperativas

<i>Material</i>	<i>Preço Unitário (R\$/t)</i>
Vidro	100,00
Papel	300,00
Plástico	300,00
Aço	80,00
Alumínio	2.500,00

Fonte: Elaboração Própria

No capítulo anterior definiu-se hipoteticamente que as cooperativas seriam responsáveis pelo repasse a indústrias recicladoras de:

- 80% do vidro reciclável;
- 40% do papel;
- 70% do plástico;
- 40% do aço;
- 70% do alumínio.

Deste modo, os ganhos auferidos pelas cooperativas seriam resultado do produto das quantidades recicláveis por estas cooperativas e os preços unitários de cada material:

$$VMR_1 = \sum (Q_i \times P_i \times X_i)$$

Onde:

Q_i = Quantidade reciclável;

P_i = Preço Unitário;

X_i = Percentual vendido pelas cooperativas

Para o primeiro ano tem-se então:

$$\text{VMR}_1 = 38,83 \times \text{R\$}100,00 \times 80\% + 93,2 \times \text{R\$}300,00 \times 40\% + 54,3 \times \text{R\$}300,00 \times 70\% + \\ + 16,7 \times \text{R\$}80,00 \times 40\% + 1,91 \times \text{R\$}2.500,00 \times 70\% = \text{R\$}29,6 \times 10^3$$

A Tabela 4.3 apresenta os ganhos auferidos pelas cooperativas para o horizonte considerado.

Tabela 4.3 – Balanço Econômico da Venda de Materiais Recicláveis - Cooperativas

10³(R\$)

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Vidro (ton/ano)	31,1	32,6	34,3	36,0	37,8	39,7	41,6	43,7	45,9	48,2	50,6
R\$	3.106,9	3.262,3	3.425,4	3.596,7	3.776,5	3.965,3	4.163,6	4.371,8	4.590,3	4.819,9	5.060,9
Papel (ton/ano)	37,3	39,1	41,1	43,2	45,3	47,6	50,0	52,5	55,1	57,8	60,7
R\$	11.184,9	11.744,2	12.331,4	12.948,0	13.595,4	14.275,1	14.988,9	15.738,3	16.525,3	17.351,5	18.219,1
Plástico (ton/ano)	38,1	40,0	42,0	44,1	46,3	48,6	51,0	53,6	56,2	59,0	62,0
R\$	11.418,0	11.988,9	12.588,3	13.217,7	13.878,6	14.572,5	15.301,2	16.066,2	16.869,5	17.713,0	18.598,7
Aço (ton/ano)	6,7	7,0	7,4	7,7	8,1	8,5	9,0	9,4	9,9	10,4	10,9
R\$	534,4	561,1	589,2	618,6	649,6	682,0	716,1	751,9	789,5	829,0	870,5
Alumínio (ton/ano)	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
R\$	3.325,0	3.500,0	3.746,5	3.933,8	4.130,5	4.337,1	4.553,9	4.781,6	5.020,7	5.271,7	5.535,3
TOTAL	29.569,2	31.056,4	32.680,8	34.314,8	36.030,6	37.832,1	39.723,7	41.709,9	43.795,4	45.985,1	48.284,4

Fonte: Elaboração Própria

ii) Sucateiros

O balanço econômico do agente é representado pela diferença entre o valor do material vendido por estes às indústrias de transformação e recicladores e a compra do material a ser repassado. Esta transação tanto pode ser através de compra em leilões, como no caso dos ferros-velhos, quanto de catadores que não estejam organizados em cooperativas. Os preços unitários dos materiais praticados por este agente foram obtidos em empresas do ramo e estão apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Preços Unitários – Sucateiros

<i>Material</i>	<i>Preço Unitário (R\$/t)</i>
Vidro	110,00
Papel	330,00
Plástico	330,00
Aço	90,00
Alumínio	2.750,00

Fonte: Elaboração Própria

Os percentuais de material reciclável a serem repassados pelos sucateiros são: 15% (vidro), 50% (papel), 30% (plástico), 50% (aço) e 30% (alumínio). A Tabela 4.5 apresenta o balanço econômico para os sucateiros com a venda dos recicláveis.

Tabela 4.5 – Balanço Econômico da Venda de Materiais Recicláveis – Sucateiros

	10 ³ R\$										
Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Vidro											
(ton/ano) 5,8	6,1	6,4	6,7	7,1	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,5	
R\$ 640,8	672,8	706,5	741,8	778,9	817,8	858,7	901,7	946,8	994,1	1.043,8	
Papel											
(ton/ano) 46,6	48,9	51,4	53,9	56,6	59,5	62,5	65,6	68,9	72,3	75,9	
R\$ 15.379,3	16.148,3	16.955,7	17.803,5	18.693,6	19.628,3	20.609,7	21.640,2	22.722,2	23.858,3	25.051,3	
Plástico											
(ton/ano) 16,3	17,1	18,0	18,9	19,8	20,8	21,9	23,0	24,1	25,3	26,6	
R\$ 5.382,8	5.651,9	5.934,5	6.231,2	6.542,8	6.869,9	7.213,4	7.574,1	7.952,8	8.350,4	8.767,9	
Aço											
(ton/ano) 8,3	8,8	9,2	9,7	10,1	10,7	11,2	11,7	12,3	13,0	13,6	
R\$ 751,5	789,1	828,5	869,9	913,4	959,1	1.007,1	1.057,4	1.110,3	1.165,8	1.224,1	
Alumínio											
(ton/ano) 0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	
R\$ 1.567,5	1.650,0	1.766,2	1.854,5	1.947,3	2.044,6	2.146,8	2.254,2	2.366,9	2.485,2	2.609,5	
Ganhos (G)	23.721,8	24.912,1	26.191,4	27.501,0	28.876,0	30.319,8	31.835,8	33.427,6	35.099,0	36.853,9	38.696,6

Continuação

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Custos											
Vidro											
(ton/ano) 5,8	6,1	6,4	6,7	7,1	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,5	
R\$ 466,0	489,3	513,8	539,5	566,5	594,8	624,5	655,8	688,6	723,0	759,1	
Papel											
(ton/ano) 46,6	48,9	51,4	53,9	56,6	59,5	62,5	65,6	68,9	72,3	75,9	
R\$ 6.990,6	7.340,1	7.707,1	8.092,5	8.497,1	8.922,0	9.368,1	9.836,5	10.328,3	10.844,7	11.386,9	
Plástico											
(ton/ano) 16,3	17,1	18,0	18,9	19,8	20,8	21,9	23,0	24,1	25,3	26,6	
R\$ 2.446,7	2.569,0	2.697,5	2.832,4	2.974,0	3.122,7	3.278,8	3.442,8	3.614,9	3.795,6	3.985,4	
Aço											
(ton/ano) 8,3	8,8	9,2	9,7	10,1	10,7	11,2	11,7	12,3	13,0	13,6	
R\$ 584,5	613,7	644,4	676,6	710,5	746,0	783,3	822,4	863,6	906,7	952,1	
Alumínio											
(ton/ano) 0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	
R\$ 1.254,0	1.320,0	1.413,0	1.483,6	1.557,8	1.635,7	1.717,5	1.803,4	1.893,5	1.988,2	2.087,6	
Custos	(11.741,8)	(12.332,2)	(12.975,8)	(13.624,6)	(14.305,8)	(15.021,1)	(15.772,2)	(16.560,8)	(17.388,8)	(18.258,3)	(19.171,2)
TOTAL R\$ 11.980,0 (G - C)	12.579,8	13.215,6	13.876,4	14.570,2	15.298,7	16.063,6	16.866,8	17.710,1	18.595,6	19.525,4	

Fonte: Elaboração Própria

iii) Indústrias Recicladoras

As indústrias recicladoras compram o material diretamente das cooperativas e dos sucateiros. Deste modo, o agente só tem custos com relação a esta variável. Estes custos são representados pelo produto entre as quantidades vendidas a estes pelos sucateiros e cooperativas e o preço unitário praticado por estes (Tabela 4.6).

iv) Indústrias

A exemplo do agente anterior, as indústrias de transformação só apresentam gastos em relação ao referido item. A indústria compra o material para ser reciclado a sucateiros e cooperativas. O balanço econômico da venda de materiais recicláveis para o agente está discriminado na Tabela 4.7.

v) Sociedade

O balanço econômico com a Venda dos Materiais Recicláveis é representado pelo somatório dos ganhos e custos de todos os agentes, inclusive daqueles que vendem o material aos sucateiros representados no item Outros Agentes (Tabela 4.8).

Tabela 4.6 – Balanço Econômico da Venda de Materiais Recicláveis – Recicladoras

	10 ³ (R\$)										
Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Plástico											
- Cooperativas											
(ton/ano)	36,2	38,0	39,9	41,9	43,9	46,1	48,5	50,9	53,4	56,1	36,2
R\$	10.847,1	11.389,4	11.958,9	12.556,8	13.184,7	13.843,9	14.536,1	15.262,9	16.026,1	16.827,4	17.668,7
-Sucateiros											
(ton/ano)	15,5	16,3	17,1	17,9	18,8	19,8	20,8	21,8	22,9	24,0	25,2
R\$	5.113,6	5.369,3	5.637,8	5.919,7	6.215,6	6.526,4	6.852,7	7.195,4	7.555,1	7.932,9	8.329,5
Alumínio											
- Cooperativas											
(ton/ano)	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
R\$	3.325,0	3.500,0	3.746,5	3.933,8	4.130,5	4.337,1	4.553,9	4.781,6	5.020,7	5.271,7	5.535,3
-Sucateiros											
(ton/ano)	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
R\$	1.567,5	1.650,0	1.766,2	1.854,5	1.947,3	2.044,6	2.146,8	2.254,2	2.366,9	2.485,2	2.609,5
TOTAL	(20.853,2)	(21.908,7)	(23.109,4)	(24.264,9)	(25.478,1)	(26.752,0)	(28.089,6)	(29.494,1)	(30.968,8)	(32.517,2)	(34.143,1)

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.7 – Balanço Econômico da Venda de Materiais Recicláveis – Indústria

	10 ³ (R\$)										
Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Vidro											
- Cooperativas											
(ton/ano)	31,1	32,6	34,3	36,0	37,8	39,7	41,6	43,7	45,9	48,2	50,6
R\$	3.106,9	3.262,3	3.425,4	3.596,7	3.776,5	3.965,3	4.163,6	4.371,8	4.590,3	4.819,9	5.060,9
-Sucateiros											
(ton/ano)	5,8	6,1	6,4	6,7	7,1	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,5
R\$	640,8	672,8	706,5	741,8	778,9	817,8	858,7	901,7	946,8	994,1	1.043,8
-Outras Fontes											
(ton/ano)	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2
R\$	194,2	203,9	214,1	224,8	236,0	247,8	260,2	273,2	286,9	301,2	316,3
Papel											
- Cooperativas											
(ton/ano)	37,3	39,1	41,1	43,2	45,3	47,6	50,0	52,5	55,1	57,8	60,7
R\$	11.184,9	11.744,2	12.331,4	12.948,0	13.595,4	14.275,1	14.988,9	15.738,3	16.525,3	17.351,5	18.219,1
-Sucateiros											
(ton/ano)	46,6	48,9	51,4	53,9	56,6	59,5	62,5	65,6	68,9	72,3	75,9
R\$	15.379,3	16.148,3	16.955,7	17.803,5	18.693,6	19.628,3	20.609,7	21.640,2	22.722,2	23.858,3	25.051,3
-Outras Fontes											
(ton/ano)	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,9	12,5	13,1	13,8	14,5	15,2
R\$	2.796,2	2.936,0	3.082,9	3.237,0	3.398,8	3.568,8	3.747,2	3.934,6	4.131,3	4.337,9	4.554,8

Continuação

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Plástico											
- Cooperativas (ton/ano)	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1
R\$	570,9	599,4	629,4	660,9	693,9	728,6	765,1	803,3	843,5	885,7	929,9
-Sucateiros (ton/ano)	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3
R\$	269,1	282,6	296,7	311,6	327,1	343,5	360,7	378,7	397,6	417,5	438,4
Aço											
- Cooperativas (ton/ano)	6,7	7,0	7,4	7,7	8,1	8,5	9,0	9,4	9,9	10,4	10,9
R\$	534,4	561,1	589,2	618,6	649,6	682,0	716,1	751,9	789,5	829,0	870,5
-Sucateiros (ton/ano)	8,3	8,8	9,2	9,7	10,1	10,7	11,2	11,7	12,3	13,0	13,6
R\$	751,5	789,1	828,5	869,9	913,4	959,1	1.007,1	1.057,4	1.110,3	1.165,8	1.224,1
-Outras Fontes (ton/ano)	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7
R\$	133,6	140,3	147,3	154,7	162,4	170,5	179,0	188,0	197,4	207,3	217,6
TOTAL	(29.214,5)	(30.675,2)	(32.208,9)	(33.819,4)	(35.510,4)	(37.285,9)	(39.150,2)	(41.107,7)	(43.163,1)	(45.321,2)	(47.587,3)

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.8 – Balanço Econômico da Venda de Materiais Recicláveis – Sociedade

	10 ³ (R\$)										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Outros	11.741,8	12.332,2	12.975,8	13.624,6	14.305,8	15.021,1	15.772,2	16.560,8	17.388,8	18.258,3	19.171,2
Agentes											
Cooperativas	29.569,2	31.056,4	32.680,8	34.314,8	36.030,6	37.832,1	39.723,7	41.709,9	43.795,4	45.985,1	48.284,4
Sucateiros	11.980,0	12.579,8	13.215,6	13.876,4	14.570,2	15.298,7	16.063,6	16.866,8	17.710,1	18.595,6	19.525,4
Recicladoras	(20.853,2)	(21.908,7)	(23.109,4)	(24.264,9)	(25.478,1)	(26.752,0)	(28.089,6)	(29.494,1)	(30.968,8)	(32.517,2)	(34.143,1)
Indústrias	(29.214,5)	(30.675,2)	(32.208,9)	(33.819,4)	(35.510,4)	(37.285,9)	(39.150,2)	(41.107,7)	(43.163,1)	(45.321,2)	(47.587,3)
Outras Fontes	3.124,0	3.280,2	3.444,2	3.616,4	3.797,3	3.987,1	4.186,5	4.395,8	4.615,6	4.846,4	5.088,7
TOTAL	3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6

Fonte: Elaboração Própria

c) COMPRA DE MATERIAL RECICLADO E COMPOSTO (CMR)

O material beneficiado pelas indústrias recicladoras é repassado para as indústrias de transformação para serem utilizadas como matéria-prima no processo produtivo. A Tabela 4.9 apresenta os preços unitários de venda do material já beneficiado. Tais preços foram obtidos através de pesquisa direta em empresas da região.

Tabela 4.9 – Preço Unitário do Material Reciclado

<i>Material</i>	<i>Preço unitário (R\$/t)</i>
Vidro	140,00
Papel	420,00
Plástico	540,00
Aço	110,00
Alumínio	3.500,00
M. Orgânica	160,00

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez definidos os preços unitários, apresenta-se a seguir a quantificação monetária da venda dos reciclados. Vale salientar que esta variável influencia três agentes: os recicladores, a indústria e a sociedade.

Indústria Recicladora: a presença desta variável representa um benefício para os recicladores, uma vez que é a receita auferida com a venda de seu produto. No presente estudo, considerou-se a existência de recicladoras de plástico e alumínio e compostagem de matéria orgânica (Tabela 4.10).

Indústrias: São os compradores dos materiais vendidos pelas recicladoras. Desta forma, a variável representa os custos incorridos nesta compra e é representada pelo produto entre as quantidades obtidas das indústrias recicladoras e o preço unitário de fornecimento destes materiais praticado pelas recicladoras (Tabela 4.11).

Sociedade: Uma vez que os valores encontrados para os agentes anteriores foram simetricamente opostos, o valor do balanço econômico para esta variável considerando a sociedade como um todo, foi nulo.

Tabela 4.10 – Venda dos Materiais Reciclados – Recicladoras

	10 ³ R\$										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Plástico	39,1	41,1	43,2	45,3	47,6	50,0	52,5	55,1	57,8	60,7	63,8
R\$	21.139,5	22.196,5	23.306,3	24.471,7	25.695,2	26.980,0	28.329,0	29.745,5	31.232,7	32.794,4	34.434,1
Alumínio	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
R\$	5.437,1	5.709,0	5.994,4	6.294,2	6.608,9	6.939,3	7.286,3	7.650,6	8.033,1	8.434,8	8.856,5
M. Orgânica	391,5	411,0	431,6	453,2	475,8	499,6	524,6	550,8	578,4	607,3	637,7
R\$	62.635,7	65.767,5	69.055,8	72.508,6	76.134,1	79.940,8	83.937,8	88.134,7	92.541,4	97.168,5	102.026,9
TOTAL	89.212,4	93.673,0	98.356,6	103.274,5	108.438,2	113.860,1	119.553,1	125.530,7	131.807,3	138.397,6	145.317,5

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.11 – Venda dos Materiais Reciclados – Indústrias

	10 ³ R\$										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Plástico	39,1	41,1	43,2	45,3	47,6	50,0	52,5	55,1	57,8	60,7	63,8
R\$	21.139,5	22.196,5	23.306,3	24.471,7	25.695,2	26.980,0	28.329,0	29.745,5	31.232,7	32.794,4	34.434,1
Alumínio	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
R\$	5.437,1	5.709,0	5.994,4	6.294,2	6.608,9	6.939,3	7.286,3	7.650,6	8.033,1	8.434,8	8.856,5
M. Orgânica	391,5	411,0	431,6	453,2	475,8	499,6	524,6	550,8	578,4	607,3	637,7
R\$	62.635,7	65.767,5	69.055,8	72.508,6	76.134,1	79.940,8	83.937,8	88.134,7	92.541,4	97.168,5	102.026,9
TOTAL	(89.212,4)	(93.673,0)	(98.356,6)	(103.274,5)	(108.438,2)	(113.860,1)	(119.553,1)	(125.530,7)	(131.807,3)	(138.397,6)	(145.317,5)

Fonte: Elaboração Própria

d) CUSTOS DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM E RECICLAGEM (CPR)

Conforme já explicado no capítulo anterior, esta variável representa os custos a serem incorridos nos processos produtivos das empresas. Sua quantificação foi representada pelos preços de mercado fornecidos pelas empresas das cidades. Apresenta-se a seguir os valores estimados para os custos de processo de cada agente considerado.

d) Cooperativas

No caso das cooperativas, determinou-se no capítulo anterior que os custos do processo representaram cerca de 20% da receita do agente. Os valores da receita para o horizonte de planejamento já foram estimados no item b deste capítulo e apresentados na Tabela 4.3. Deste modo,

$$\text{Custos Operacionais} = \text{Receita (Cooperativas)} \times 20\%$$

Para o ano 1 tem-se então:

$$\text{Custos Operacionais} = \text{R\$}29.569,23 \times 20\% = \text{R\$}5.913,00$$

Para os demais anos considerados, os valores determinados estão apresentados na Tabela 4.12.

e) Sucateiros

A determinação desta variável para o agente seguiu as mesmas premissas adotadas para o agente anterior, uma vez que em entrevistas realizadas com donos de depósitos e aparistas da região, estes não sabiam precisar os custos de seu processo, apenas possuíam uma

estimativa de quanto estes custos representavam em termos de receita auferida (20%). Os valores estimados para o agente encontram-se na Tabela 4.13.

f) Unidades Recicladoras

As indústrias recicladoras por sua vez que precisam ter sua contabilidade mais apurada, puderam fornecer os custos unitários incorridos no processo produtivo. De acordo com as empresas da região os custos de processo unitários do alumínio são R\$160,00. No caso do plástico definiu-se um valor de R\$135,00 e para a matéria orgânica R\$70,00. Uma vez definidos os custos unitários para cada empresa, apresenta-se na Tabela 4.14, os custos totais do processo para as empresas recicladoras, com base nas quantidades anuais definidas para as mesmas nos itens anteriores.

Tabela 4.12 – Custos Operacionais das Cooperativas10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Receita	29.569,2	31.056,4	32.680,8	34.314,8	36.030,6	37.832,1	39.723,7	41.709,9	43.795,4	45.985,1	48.284,4
Custos (R\$)	(5.913,8)	(6.211,3)	(6.536,2)	(6.863,0)	(7.206,1)	(7.566,4)	(7.944,7)	(8.342,0)	(8.759,1)	(9.197,0)	(9.656,9)

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.13 – Custos Operacionais dos Sucateiros10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Receita	23.721,8	24.912,1	26.191,4	27.501,0	28.876,0	30.319,8	31.835,8	33.427,6	35.099,0	36.853,9	38.696,6
Custos (R\$)	(4.744,4)	(4.982,4)	(5.238,3)	(5.500,2)	(5.775,2)	(6.064,0)	(6.367,2)	(6.685,5)	(7.019,8)	(7.370,8)	(7.739,3)

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.14 – Custos do Processo das Unidades de Reciclagem e Compostagem

											10³R\$	
Ano		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Plástico	(t)	39,1	41,1	43,2	45,3	47,6	50,0	52,5	55,1	57,8	60,7	63,8
	R\$	5.284,9	5.549,1	5.826,6	6.117,9	6.423,8	6.745,0	7.082,3	7.436,4	7.808,2	8.198,6	8.608,5
Alumínio	(t)	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
	R\$	248,6	261,0	274,0	287,7	302,1	317,2	333,1	349,7	367,2	385,6	404,9
M. Orgânica	(t)	391,5	411,0	431,6	453,2	475,8	499,6	524,6	550,8	578,4	607,3	637,7
	R\$	27.403,1	28.773,3	30.211,9	31.722,5	33.308,7	34.974,1	36.722,8	38.558,9	40.486,9	42.511,2	44.636,8
TOTAL		(32.936,6)	(34.583,4)	(36.312,6)	(38.128,2)	(40.034,6)	(42.036,3)	(44.138,1)	(46.345,0)	(48.662,3)	(51.095,4)	(53.650,2)

Fonte: Elaboração Própria

d) Indústrias

As indústrias de transformação, a exemplo das recicladoras também forneceram os custos unitários do processo produtivo usando material reciclável, os quais foram definidos no capítulo 3. Definidos os custos unitários, os custos totais do processo são obtidos pelo produto entre as quantidades recicladas destes materiais e seus preços unitários, conforme apresentado na Tabela 4.15.

d) Sociedade

No caso da sociedade, os custos do processo correspondem à soma dos custos de todos os agentes envolvidos no processo os quais estão apresentados na Tabela 4.16.

Tabela 4.15 – Custos Totais do Processo das Indústrias

											10 ³ R\$
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Plástico											
t	4,3	4,6	4,8	5,0	5,3	5,6	5,8	6,1	6,4	6,7	7,1
R\$	574,2	602,9	633,0	664,7	697,9	732,8	769,4	807,9	848,3	890,7	935,2
Aço											
t	16,7	17,5	18,4	19,3	20,3	21,3	22,4	23,5	24,7	25,9	27,2
R\$	3.339,9	3.506,9	3.682,3	3.866,4	4.059,7	4.262,7	4.475,9	4.699,6	4.934,6	5.181,4	5.440,4
Papel											
t	74,6	78,3	82,2	86,3	90,6	95,2	99,9	104,9	110,2	115,7	121,5
R\$	14.913,3	15.658,9	16.441,9	17.264,0	18.127,2	19.033,5	19.985,2	20.984,5	22.033,7	23.135,4	24.292,1
Vidro											
t	31,1	32,6	34,3	36,0	37,8	39,7	41,6	43,7	45,9	48,2	50,6
R\$	621,4	652,5	685,1	719,3	755,3	793,1	832,7	874,4	918,1	964,0	1.012,2
TOTAL	(19.448,8)	(20.421,2)	(21.442,3)	(22.514,4)	(23.640,1)	(24.822,1)	(26.063,2)	(27.366,3)	(28.734,7)	(30.171,4)	(31.680,0)

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.16 – Custos do Processo para a Sociedade

											10 ³ R\$
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Cooperativas	(5.913,8)	(6.211,3)	(6.536,2)	(6.863,0)	(7.206,1)	(7.566,4)	(7.944,7)	(8.342,0)	(8.759,1)	(9.197,0)	(9.656,9)
Sucateiros	(4.744,4)	(4.982,4)	(5.238,3)	(5.500,2)	(5.775,2)	(6.064,0)	(6.367,2)	(6.685,5)	(7.019,8)	(7.370,8)	(7.739,3)
Recicladoras	(32.936,6)	(34.583,4)	(36.312,6)	(38.128,2)	(40.034,6)	(42.036,3)	(44.138,1)	(46.345,0)	(48.662,3)	(51.095,4)	(53.650,2)
Indústrias	(19.448,8)	(20.421,2)	(21.442,3)	(22.514,4)	(23.640,1)	(24.822,1)	(26.063,2)	(27.366,3)	(28.734,7)	(30.171,4)	(31.680,0)
TOTAL (R\$)	(63.043,5)	(66.198,3)	(69.529,2)	(73.005,7)	(76.656,0)	(80.488,8)	(84.513,2)	(88.738,9)	(93.175,8)	(97.834,6)	(102.726,3)

Fonte: Elaboração Própria

e) UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (URH)

Refere-se à economia de água que pode ser alcançada caso as indústrias utilizem material reciclado no seu processo produtivo. Esta variável foi mensurada a partir dos custos evitados com o consumo de água pelas indústrias que utilizam, em especial, o aço e o papel ou papelão reciclado no seu processo produtivo. Desta forma, a indústria é o principal agente entre os que foram considerados.

Indústria: No caso das indústrias que utilizam o material reciclado como insumo produtivo, a redução do consumo dos recursos hídricos é quantificada monetariamente através dos custos evitados com o consumo de água no processo produtivo e percebida pelo agente como um benefício. Esta redução afeta basicamente dois tipos de indústria: de papel e de aço.

Papel

A redução no consumo de água no processo produtivo do papel é quantificada pelo produto entre a quantidade de papel potencialmente reciclável nas cidades do Recife e de Jaboatão, considerando-se o alcance de índices máximos de reciclagem e o índice de redução ($29.2021/t = 29,2m^3/t$). A economia de água alcançada com a utilização de papel reciclado no processo produtivo das indústrias no primeiro ano foi então:

$$\text{Economia} = \text{Quantidade de Material Reciclável (t)} \times 29,2 \text{ (m}^3\text{/t)}$$

$$\text{Economia} = 74.556,30 \times 29,20$$

$$\text{Economia} = 2.177.335,82 \text{ m}^3$$

O mesmo raciocínio foi aplicado a todo o horizonte de planejamento e suas estimativas encontram-se apresentadas na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 – Economia de Água por m³ Alcançada com a Reciclagem do Papel

10³R\$

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Qtde. Reciclável (t)	74,6	78,3	82,2	86,3	90,6	95,2	99,9	104,9	110,2	115,7	121,5
Economia (m3)	2.177,3	2.286,2	2.400,5	2.520,5	2.646,6	2.778,9	2.917,8	3.063,7	3.216,9	3.377,8	3.546,7

Fonte: Elaboração Própria

O valor da redução no consumo da água foi obtido pelo método dos custos evitados e representa o montante que a indústria deixa de empregar em recursos para o consumo de água. É medido pelo produto entre o valor da tarifa fornecida pela COMPESA e o valor da redução no consumo de água. A tabela 4.18 apresenta a estimativa de redução no consumo de água para os anos considerados.

Tabela 4.18 – Economia em R\$ de Água Alcançável com a Reciclagem do Papel

10³R\$

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Qtde. Reciclável (t)	74,6	78,3	82,2	86,3	90,6	95,2	99,9	104,9	110,2	115,7	121,5
Economia (m3)	2.177,3	2.286,2	2.400,5	2.520,5	2.646,6	2.778,9	2.917,8	3.063,7	3.216,9	3.377,8	3.546,7
Tarifa (R\$)	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
TOTAL (R\$)	4.441,8	4.641,0	4.419,0	4.622,8	4.836,0	5.059,0	5.292,1	5.535,9	5.790,9	6.057,5	6.336,3

Fonte: Elaboração Própria

Aço

A produção do aço a partir de material secundário implica na redução de 40% no consumo de água, o que significa uma diminuição de 4m³ em cada tonelada produzida. A quantificação da redução na produção de latas de aço é obtida de forma similar à redução para a produção de papel. Neste caso, entretanto, a economia de água é de 4m³/t.

O valor da redução é obtido de forma idêntica ao valor alcançado pela indústria com a redução na utilização de recursos hídricos para o papel, considerando o horizonte de planejamento adotado (Tabela 4.19).

Tabela 4.19 – Economia (R\$) Alcançável com a Economia de Água com o Aço Reciclado

10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Qtde. Reciclável (t)	16,7	17,5	18,4	19,3	20,3	21,3	22,4	23,5	24,7	25,9	27,2
Economia (m3)	66,8	70,1	73,6	77,3	81,2	85,3	89,5	94,0	98,7	103,6	108,8
Tarifa (R\$)	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
TOTAL (R\$)	136,3	142,4	135,6	141,8	148,4	155,2	162,4	169,8	177,7	185,8	194,4

Fonte: Elaboração Própria

A economia total de recursos hídricos que a indústria pode alcançar com a reciclagem de materiais, encontra-se na Tabela 4.20.

Tabela 4.20 – Economia Total na Utilização de Recursos Hídricos para a Indústria

10³ (R\$)

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Papel	4.441,8	4.641,0	4.419,0	4.622,8	4.836,0	5.059,0	5.292,1	5.535,9	5.790,9	6.057,5	6.336,3
Aço	136,3	142,4	135,6	141,8	148,4	155,2	162,4	169,8	177,7	185,8	194,4
TOTAL	4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7

Fonte: Elaboração Própria

Sociedade: Os ganhos da sociedade com a redução na Utilização dos Recursos Hídricos é representado pelos ganhos da Indústria, conforme já apresentado na Tabela 4.20.

f) UTILIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (UEE)

Para a indústria de transformação e para a sociedade a economia de energia elétrica representa um benefício. Este benefício pode ser quantificado monetariamente através dos custos evitados com o consumo de energia elétrica. Estes custos evitados são obtidos pelo produto entre a economia total obtida com a reciclagem dos materiais e o valor da tarifa de energia elétrica industrial convencional. Como tem ocorrido uma variação no valor da tarifa média anual, a exemplo da tarifa de água, aqui também se fará uma extrapolação de tendências para a série histórica fornecida pela CELPE para fins de estimativa de anos futuros.

Tabela 4.21 - Ganhos Totais em R\$ com a Economia de Energia Elétrica

	10 ³ R\$										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Alumínio											
Qtde Reciclável	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Economia (MWh)	26,3	27,6	28,9	30,4	31,9	33,5	35,2	36,9	38,8	40,7	42,8
Tarifa (R\$/MWh)	106,5	136,1	126,7	134,8	143,0	151,1	159,3	167,5	175,6	183,8	191,9
TOTAL (R\$)	2.796,5	3.752,3	3.666,5	4.097,7	4.562,9	5.064,3	5.604,5	6.186,0	6.811,6	7.484,4	8.207,4
Plástico											
Qtde Reciclável	43,5	45,7	48,0	50,4	52,9	55,5	58,3	61,2	64,3	67,5	70,9
Economia (MWh)	230,5	242,1	254,2	266,9	280,2	294,2	308,9	324,4	340,6	357,6	375,5
Tarifa (R\$/MWh)	106,5	136,1	126,7	134,8	143,0	151,1	159,3	167,5	175,6	183,8	191,9
TOTAL (R\$)	24.556,5	32.949,3	32.196,0	35.982,4	40.066,9	44.470,0	49.213,2	54.319,5	59.813,5	65.721,0	72.069,7
Papel											
Qtde Reciclável	74,6	78,3	82,2	86,3	90,6	95,2	99,9	104,9	110,2	115,7	121,5
Economia (MWh)	261,7	274,8	288,6	303,0	318,1	334,0	350,7	368,3	386,7	406,0	426,3
Tarifa (R\$/MWh)	106,5	136,1	126,7	134,8	143,0	151,1	159,3	167,5	175,6	183,8	191,9
TOTAL (R\$)	27.879,2	37.407,7	36.552,4	40.851,1	45.488,4	50.487,2	55.872,2	61.669,5	67.906,8	74.613,7	81.821,5
Aço											
Qtde Reciclável	16,7	17,5	18,4	19,3	20,3	21,3	22,4	23,5	24,7	25,9	27,2
Economia (MWh)	29,7	31,2	32,8	34,4	36,1	37,9	39,8	41,8	43,9	46,1	48,4
Tarifa (R\$/MWh)	106,5	136,1	126,7	134,8	143,0	151,1	159,3	167,5	175,6	183,8	191,9
TOTAL (R\$)	3.166,4	4.248,6	4.151,4	4.639,6	5.166,3	5.734,0	6.345,6	7.004,1	7.712,5	8.474,2	9.292,8

Continuação

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Vidro											
Qtde Reciclável	31,1	32,6	34,3	36,0	37,8	39,7	41,6	43,7	45,9	48,2	50,6
Economia (MWh)	157,2	165,1	173,3	182,0	191,1	200,6	210,7	221,2	232,3	243,9	256,1
Tarifa (R\$/MWh)	106,5	136,1	126,7	134,8	143,0	151,1	159,3	167,5	175,6	183,8	191,9
TOTAL (R\$)	16.746,1	22.469,5	21.955,7	24.537,8	27.323,3	30.325,9	33.560,5	37.042,7	40.789,2	44.817,8	49.147,3
Comp. Orgânico											
Qtde Reciclável	391,5	411,0	431,6	453,2	475,8	499,6	524,6	550,8	578,4	607,3	637,7
Economia (MWh)	85,2	89,5	94,0	98,7	103,6	108,8	114,2	119,9	125,9	132,2	138,8
Tarifa (R\$/MWh)	106,5	136,1	126,7	134,8	143,0	151,1	159,3	167,5	175,6	183,8	191,9
TOTAL (R\$)	9.078,0	12.180,7	11.902,2	13.301,9	14.811,9	16.439,6	18.193,1	20.080,8	22.111,8	24.295,7	26.642,7
TOTAL GERAL	84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4

Fonte: Elaboração Própria

g) UTILIZAÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA (UMP)

Para valorar esta variável, utilizou-se o método dos custos evitados. Através desta metodologia foi possível mensurar indiretamente o valor atribuído pela sociedade à variável em questão. A mensuração foi realizada por meio de estimativas do montante de matéria-prima extraída da natureza ou não, cujo emprego não seria mais necessário no caso dos materiais recicláveis serem empregados pelas indústrias no processo produtivo. Deste modo, apresenta-se a seguir os ganhos que as indústrias poderiam obter caso utilizem este material alternativo.

Alumínio

A produção de alumínio primário é realizada utilizando praticamente a bauxita. De acordo com Cameron *apud* Calderoni (1999), as reservas de bauxita existentes no mundo têm uma duração estimada em cerca de 50 a 100 anos. Com o seu consumo crescente, as reservas de bauxita tendem a ser progressivamente menores. Todos os meses, tem havido um crescimento na produção de alumínio primário no país, o que significa mais bauxita sendo retirada da natureza. Para se produzir uma tonelada de alumínio primário são necessárias cinco toneladas de bauxita. Se a produção de alumínio derivar do alumínio reciclado, portanto, são economizadas cinco toneladas de bauxita a cada tonelada produzida a partir de matéria-prima reciclada.

De outro lado, as indústrias extrativas de bauxita também não perdem. Se a área de estudo fosse o mundo, a extração da bauxita tenderia a cair, reduzindo a operação das mineradoras. Entretanto, a área em estudo está localizada em nível mais micro em um país, o

Brasil. Neste caso, segundo uma pesquisa realizada com a Associação Brasileira de Alumínio (ABAL), os fabricantes de bauxita não têm reduzido sua produção com o aumento da reciclagem nacional, uma vez que possuem um mercado externo promissor para atender. Assim, as produtoras de alumínio primário justificam seus investimentos com a exportação do metal.

De acordo com empresa produtora de alumínio primário sediada na Região Metropolitana do Recife, o preço da bauxita é de **US\$ 25,0/t**. Considerando-se a cotação do dólar em R\$3,00, têm-se os seguintes valores para a economia de bauxita no primeiro ano.

$$\text{Economia de bauxita} = \text{Quantidade reciclável} \times 5 \times \text{R\$75,00}$$

$$\text{Economia} = 1.553,46 \times 5 \times \text{R\$75,00} = \text{R\$582.547,50}$$

A estimativa para os demais anos encontra-se apresentada na Tabela 4.22.

Tabela 4.22 – Economia de Bauxita

10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Qtd. Reciclável	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Economia (t)	7,8	8,2	8,6	9,0	9,4	9,9	10,4	10,9	11,5	12,0	12,7
TOTAL (R\$)	582,5	611,7	642,3	674,4	708,1	743,5	780,7	819,7	860,7	903,7	948,9

Fonte: Elaboração Própria

Vidro

O vidro é um material 100% reciclável. Para se produzir uma tonelada de vidro reciclado é necessária uma tonelada de cacos de vidro. Para se produzir uma tonelada do

mesmo vidro a partir de matéria-prima virgem seriam necessárias 1,2 toneladas de matéria-prima.

De acordo com o IPT (1995), o vidro comum (vidro soda-cal) representa cerca de 90% de todo o vidro produzido no mundo. Esse vidro é composto de areia (58%), barrilha (19%), calcário (17%) e feldspato (6%) . Em geral estes materiais são supridos pelos próprios fabricantes que possuem jazidas em suas propriedades, à exceção da barrilha que é produzida em regime de monopólio do Brasil pela Companhia Nacional de Alcalis. Deste modo, em pesquisa realizada com as indústrias vidreiras, constatou-se que a reciclagem só apresenta vantagens para as indústrias que fazem parte do *cluster* do vidro. O percentual da reciclabilidade do vidro no Recife é de 5%.

Os preços de cada material foram informados por uma indústria produtora de vidro em R\$ de 2003. A quantificação monetária da economia total que pode ser alcançada com a economia de matéria-prima do vidro no ano 1 é apresentada na Tabela 4.23.

Tabela 4.23 – Economia Total de Matéria-Prima do Vidro – Ano 1

<i>Material</i>	<i>Preço Unitário (R\$)</i>	<i>Economia de Matéria-Prima (t)</i>	<i>Valor Total (R\$)</i>
Areia	13,00	21.624,23	281.114,93
Barrilha	664,00	7.083,80	4.703.641,91
Calcário	95,00	6.338,14	602.122,83
Feldspato	135,00	2.236,99	301.993,50
TOTAL		37.283,16	5.888.873,17

Fonte: Elaboração Própria

A Tabela 4.24 apresenta as estimativas para os demais anos considerados no horizonte de planejamento.

Tabela 4.24 – Economia de Matéria-Prima do Vidro10³R\$

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Qtd.	31,1	32,6	34,3	36,0	37,8	39,7	41,6	43,7	45,9	48,2	50,6
Reciclável											
Areia	21,6	22,7	23,8	25,0	26,3	27,6	29,0	30,4	31,9	33,5	35,2
R\$	281,1	295,2	309,9	325,4	341,7	358,8	376,7	395,6	415,3	436,1	457,9
Barrilha	7,1	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
R\$	4.703,6	4.938,8	5.185,8	5.445,1	5.717,3	6.003,2	6.303,3	6.618,5	6.949,4	7.296,9	7.661,7
Calcário	6,3	6,7	7,0	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9	9,4	9,8	10,3
R\$	602,1	632,2	663,8	697,0	731,9	768,5	806,9	847,2	889,6	934,1	980,8
Feldspato	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,6
R\$	302,0	317,1	332,9	349,6	367,1	385,4	404,7	424,9	446,2	468,5	491,9
TOTAL (R\$)	5.888,9	6.183,3	6.492,5	6.817,1	7.158,0	7.515,9	7.891,7	8.286,2	8.700,5	9.135,6	9.592,4

Fonte: Elaboração Própria

Papel

O processo produtivo do papel é baseado na utilização de celulose de fibras curtas, celuloses de fibras longas e pastas de madeira. O papel pode ser produzido a partir de um único tipo de fibra como é o caso do papel Kraft, o qual é produzido a partir de fibras longas, ou como uma composição de fibras diferentes (papel jornal). As fibras curtas são produzidas predominantemente a partir de madeira proveniente de florestas de eucaliptos, embora alguns tipos provenham de plantas de cultura anual com a cana-de-açúcar. As pastas de madeira podem ser utilizadas com enchimento para complementar a composição fibrosa de papéis e é obtida por meio de processos semi-químicos ou mecânicos.

Em média, evita-se o corte de 10 a 15 árvores de eucalipto plantadas para cada tonelada de papel reciclado. Atualmente, a tonelada de celulose é produzida a um valor de US\$500,00 para a celulose de fibra curta branqueada e US\$300,00 para a celulose de fibra longa não branqueada. Como não é possível separar a geração de papel branco e papelão, para

fins de cálculo, admitir-se-á o valor médio das celuloses: US\$ 425,00. A produção de papel a partir de aparas reduz em termos de Reais, cerca de **R\$895,00** por cada tonelada produzida, os custos com matéria-prima.

O maior uso do papel reciclado reduz ainda, a utilização de alguns produtos químicos de uso intensivo (soda cáustica, sulfato de sódio, cal, dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio, antiespumantes, etc) concorrendo para a perda de faturamento para as indústrias que fabricam estes produtos. Por outro lado, o papel reciclado exige uma maior quantidade de outros produtos como biocidas, polímeros para floculação, amido, alvejantes e resinas anti-absorventes. O balanço econômico, entretanto, é muito favorável para as indústrias de papel. O custo com produtos químicos em papel reciclado fica em torno de 30% do que seria gasto com a produção de celulose para a produção de papel virgem. Isto significa uma perda de cerca de **R\$68,33** para as indústrias químicas a cada tonelada de papel produzido a partir de aparas.

A Tabela 4.25 apresenta, o balanço econômico da economia de matéria-prima para o *cluster* do papel.

Tabela 4.25 – Economia com a Matéria-Prima do Papel

	10 ³ R\$										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Qtd. Reciclável	74,6	78,3	82,2	86,3	90,6	95,2	99,9	104,9	110,2	115,7	121,5
Economia (R\$)	66.736,8	70.073,7	73.577,4	77.256,2	81.119,0	85.175,0	89.433,7	93.905,4	98.600,7	103.530,7	108.707,3
Custos (R\$)	(5.095,1)	(5.349,9)	(5.617,4)	(5.898,2)	(6.193,1)	(6.502,8)	(6.827,9)	(7.169,3)	(7.527,8)	(7.904,2)	(8.299,4)
TOTAL	61.641,7	64.723,8	67.960,0	71.358,0	74.925,9	78.672,2	82.605,8	86.736,1	91.072,9	95.626,5	100.407,9

Fonte: Elaboração Própria

Plástico

As principais matérias-primas utilizadas na produção do plástico são as resinas termoplásticas. Entre as mais utilizadas estão o Polietileno de Baixa Densidade (PEBD); o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), o Poliestireno (PS), o Policloreto de Vinila (PVC), o Polipropileno (PP) e o Polietilenotereftalato (PET).

A utilização das referidas resinas varia de acordo com os requisitos de cada produto fabricado. No caso das garrafas de refrigerante, por exemplo, elas são fabricadas em PET com tampas em PP. O polipropileno também serve de base para a fabricação de sacos, potes de margarina, copos descartáveis e embalagens.

Portanto, a economia de matéria-prima que pode ser alcançada caso o plástico reciclado seja utilizado no processo produtivo, pode ser medida a partir da estimativa dos custos evitados em utilização de resinas termoplásticas. Tais custos podem ser medidos pela determinação do produto entre o preço médio das resinas e a quantidade de resíduos de plásticos gerados na cidade do Recife, descontando as perdas.

Cada resina possui um preço específico. O ideal seria quantificar monetariamente as quantidades de cada resina que seriam evitadas com a produção do plástico a partir de material reciclado. Entretanto, não se dispõe da especificação das quantidades de plástico por tipo de resina, que são encontradas nos lixos do Recife e Jaboatão. Deste modo, optou-se por adotar o preço médio dos três principais tipos de resina (Tabela 4.26).

O preço médio das resinas termoplásticas é de US\$1.066,67 por tonelada. A tabela a seguir apresenta o preço dos três principais tipos de resinas o qual pode ser considerado como representativo das demais resinas. Salienta-se que estes são os preços praticados no Brasil por empresas como a Rhodia, Ipiranga, Eastman, entre outras.

Tabela 4.26 – Preço das Resinas Termoplásticas

1US\$ = R\$3,00

<i>Tipo</i>	<i>Preço(US\$/t)</i>	<i>Preço(R\$/t)</i>
PET	1.200,00	3.600,00
PP	900,00	2.700,00
PEBD	1.100,00	3.300,00
Preço Médio	1.066,67	3.200,00

Fonte: Elaboração Própria

Ao contrário do que se pode supor, os produtores das resinas não têm muito a perder como foi evidenciado por declaração de um gerente de uma indústria de plástico no Recife em publicação de Cadernos do Meio Ambiente do Recife (1999):

“O problema relacionado com o suprimento de matéria-prima virgem nunca foi tão sério antes. Depende do mercado internacional para as resinas que são produzidas aqui no Brasil. (...) Se o mercado internacional estiver sendo promissor, os produtores preferem exportar o material, daí nós temos que usar matéria-prima secundária. (...) (CADERNOS DO MEIO AMBIENTE DO RECIFE, pg. 41, 1999)”

A Tabela 4.27 apresenta os ganhos das indústrias com a economia de matéria-prima virgem.

Aço

O aço, a exemplo do alumínio e do vidro, é um material infinitamente reciclável. A matéria-prima do aço é o ferro-gusa. A economia que pode ser obtida com a reciclagem do aço, relativamente à matéria-prima, refere-se, a exemplo dos demais materiais, aos custos evitados com a utilização de matéria-prima virgem, no caso, o ferro-gusa. De acordo com

especialistas no setor, a economia com ferro-gusa não apresenta perdas para os produtores, uma vez que existe mercado para absorver toda a produção.

Segundo informação da Companhia Siderúrgica do Tubarão – CST, o preço da tonelada de ferro-gusa varia entre US\$100 e US\$120. Para efeito do presente estudo, considerar-se-á o valor máximo. Transformando-se para a moeda nacional, adota-se um valor unitário de R\$360,00. A Tabela 4.28 apresenta os valores que podem ser alcançados com a economia do aço.

Os ganhos totais da **Indústria** com a reciclagem de materiais alcançados, que também representam os ganhos para a **Sociedade**, estão apresentados na Tabela 4.29.

Tabela 4.27 – Economia com Resinas

	10 ³ R\$										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Qtd. Reciclável	43,50	45,67	47,96	50,35	52,87	55,51	58,29	61,20	64,26	67,48	70,85
TOTAL (R\$)	139.190,42	146.149,94	153.457,44	161.130,31	169.186,82	177.646,16	186.528,47	195.854,90	205.647,64	215.930,02	226.726,52

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.28 – Economia com Ferro-Gusa

	10 ³ R\$										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Qtd. Reciclável	16,70	17,53	18,41	19,33	20,30	21,31	22,38	23,50	24,67	25,91	27,20
TOTAL (R\$)	6.011,91	6.312,50	6.628,13	6.959,53	7.307,51	7.672,89	8.056,53	8.459,36	8.882,33	9.326,44	9.792,76

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.29 – Ganhos Totais para a Indústria e a Sociedade

	10 ³ R\$										
<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Alumínio	582,5	611,7	642,3	674,4	708,1	743,5	780,7	819,7	860,7	903,7	948,9
Vidro	5.888,9	6.183,3	6.492,5	6.817,1	7.158,0	7.515,9	7.891,7	8.286,2	8.700,5	9.135,6	9.592,4
Papel	61.641,7	64.723,8	67.960,0	71.358,0	74.925,9	78.672,2	82.605,8	86.736,1	91.072,9	95.626,5	100.407,9
Plástico	139.190,4	146.149,9	153.457,4	161.130,3	169.186,8	177.646,2	186.528,5	195.854,9	205.647,6	215.930,0	226.726,5
Aço	6.011,9	6.312,5	6.628,1	6.959,5	7.307,5	7.672,9	8.056,5	8.459,4	8.882,3	9.326,4	9.792,8
TOTAL (R\$)	213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4

Fonte: Elaboração Própria

h) CONTROLE AMBIENTAL

Esta variável a exemplo de outras deste estudo foi mensurada a partir do método dos custos evitados. No caso em questão, estes custos estão representados pela economia que as indústrias teriam nos gastos com tratamento de efluentes e com o controle de escapamento de gases durante seu processo produtivo se utilizassem material reciclado. A economia possível para cada tipo de material está descrita a seguir.

Alumínio

Os custos incorridos com controle ambiental em indústrias que fabricam alumínio primário utilizando apenas matéria-prima virgem, é de **R\$10,80/t**. Pela tabela anterior, a redução da poluição hídrica e atmosférica com a reciclagem do alumínio é respectivamente de 97% e 95%. Assim, a média na redução de poluição é de 96%. Considerando o custo definido acima para o controle ambiental em uma indústria de alumínio, pode-se alcançar a seguinte economia em gastos com controle ambiental:

$$\text{Economia (alumínio)} = \text{custos (matéria prima virgem)} - \text{custos(matéria prima secundária)}$$

$$\text{custosmatéria-prima virgem} = \text{R\$10,80}$$

$$\text{custos(matéria-prima secundária)} = \text{R\$0,54}$$

$$\text{Economia(alumínio)} = \text{R\$10,80} - \text{R\$0,54} = \textbf{R\$10,26/t}$$

Desta forma, a economia obtida com a produção de alumínio usando material reciclado no Recife pode chegar aos valores apresentados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 – Economia nos Gastos com Controle Ambiental10³R\$

<i>Ano</i>	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Qtde. Reciclável (t)	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
TOTAL (R\$)	15,9	16,7	17,6	18,5	19,4	20,3	21,4	22,4	23,5	24,7	26,0

Fonte: Elaboração Própria

Vidro

A redução de poluição hídrica com a reciclagem do vidro é menor do que a do alumínio. Também é menor a redução com a poluição atmosférica. A única indústria produtora de vidros na região informou que ainda está iniciando programas voltados para ações de controle ambiental de modo que não dispunha de informações relativas a gastos com controle ambiental. Assim, não é possível mensurar a redução de custos com controle ambiental que pode ser obtida com a reciclagem de vidro.

Plástico

De acordo com empresa produtora de plástico fabricado a partir de material virgem, os custos ambientais incorridos no processo produtivo são pouco representativos. Isto ocorre, porque em sua maioria os processos são isentos de emissões atmosféricas significativas (controláveis) e a utilização da água limita-se, em geral, a circuitos fechados, não havendo também emissões fluviais consideráveis.

Papel

A economia que pode ser obtida com a redução nos gastos em controle ambiental devido à reciclagem do papel e papelão, foi obtida de forma similar à economia obtida a partir da reciclagem do alumínio. Para a produção de papel a partir de aparas, conseguiu-se obter uma redução de 35% de poluição das águas, o que representa uma redução de cerca de **R\$12,10** por tonelada em tratamento de efluentes.

No caso da poluição atmosférica, os custos operacionais do sistema de controle de emissão são relativamente baixos, não obstante sua instalação ter elevados custos de investimento. Os custos operacionais com a emissão na produção de papel a partir de reciclados é de R\$1,50 a tonelada. Estima-se, portanto, que a produção com matéria-prima virgem provoca gastos da ordem de R\$5,77, o que representa uma economia de **R\$4,27** por cada tonelada de material produzido (Tabela 4.31).

Tabela 4.31 – Economia com Controle Ambiental para a Indústria e Sociedade

10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Qtde. Reciclável (t)	74,6	78,3	82,2	86,3	90,6	95,2	99,9	104,9	110,2	115,7	121,5
Água (R\$)	902,3	947,4	994,7	1.044,5	1.096,7	1.151,5	1.209,1	1.269,6	1.333,0	1.399,7	1.469,7
Ar (R\$)	318,4	334,3	351,0	368,6	387,0	406,4	426,7	448,0	470,4	493,9	518,6
TOTAL (R\$)	1.220,7	1.281,7	1.345,8	1.413,1	1.483,7	1.557,9	1.635,8	1.717,6	1.803,5	1.893,6	1.988,3

Fonte: Elaboração Própria

Aço

De acordo com o Instituto Brasileiro de Siderurgia – IBS *apud* Calderoni (1999), a economia alcançada com a redução dos custos com controle ambiental decorrentes da reciclagem do aço é de US\$7,50/t, ou seja, R\$22,50. Assim, a economia total que pode ser obtida anualmente em controle ambiental com a reciclagem do aço, pode ser avaliada na Tabela 4.32 a seguir:

Tabela 4.32 – Economia com Controle Ambiental com a Reciclagem do Aço

10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Qtde. Reciclável (t)	16,7	17,5	18,4	19,3	20,3	21,3	22,4	23,5	24,7	25,9	27,2
TOTAL (R\$)	375,7	394,5	414,3	435,0	456,7	479,6	503,5	528,7	555,1	582,9	612,0

Fonte: Elaboração Própria

A tabela 4.33 apresenta os ganhos totais para a **Indústria** e para a **Sociedade** com a Economia no Controle Ambiental

Tabela 4.33 – Ganhos Totais com Controle Ambiental

10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Alumínio	15,9	16,7	17,6	18,5	19,4	20,3	21,4	22,4	23,5	24,7	26,0
Papel	1.220,7	1.281,7	1.345,8	1.413,1	1.483,7	1.557,9	1.635,8	1.717,6	1.803,5	1.893,6	1.988,3
Aço	375,7	394,5	414,3	435,0	456,7	479,6	503,5	528,7	555,1	582,9	612,0
TOTAL (R\$)	1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3

Fonte: Elaboração Própria

i) QUALIDADE AMBIENTAL

A mensuração desta variável foi realizada pelo Métodos de Avaliação Contingente. Conforme explicado anteriormente, todos os dados utilizados na mensuração desta variável foram obtidos a partir de uma pesquisa de campo realizada nas cidades do Recife e Jaboatão dos Guararapes. O objetivo principal desta pesquisa foi captar a DAP dos cidadãos pela melhoria na qualidade ambiental que poderia ser alcançada no caso de passar a haver uma redução na disposição final em aterros e um aumento na reciclagem.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa piloto com 80 usuários. O questionário aplicado foi uma versão reduzida daquele utilizado na pesquisa final e baseou-se no método dos lances livres onde o respondente indicava a sua disposição máxima a pagar. O maior valor observado foi R\$30,00 e o maior valor não nulo foi R\$1,00. Além de descobrir o intervalo de valores a serem aplicados na pesquisa final, a piloto teve também o objetivo de estimar o tamanho da amostra.

A amostra foi determinada estatisticamente a partir dos valores encontrados para a DAP na pesquisa piloto, fazendo uso da Equação 3.47 definida no capítulo anterior. Estimou-se então, a necessidade de uma amostra de tamanho 428, conforme demonstrado a seguir.

Optou-se por adotar um nível de confiança de 95% ($z=1,96$) e um erro relativo de 6%. Ambos são valores fixados livremente ou de modo arbitrário. Para uma credibilidade ainda maior escolheu-se realizar uma pesquisa de 498 questionários, aumentando em 14% o número de questionários necessários, possibilitando o eventual descarte de alguns questionários que apresentassem algum tipo de problema. As áreas onde foram realizadas a pesquisa foram definidas de acordo com a distribuição de renda das cidades do Recife e Jaboatão a fim de

garantir uma maior fidedignidade à amostra uma vez que se supõe que a DAP máxima esteja relacionada à renda dos indivíduos.

A pesquisa foi realizada nas cidades do Recife e Jaboatão dos Guararapes nos períodos compreendidos entre os meses de maio e junho de 2004. Ao todo, foram entrevistadas 498 pessoas, sendo 228 mulheres e 270 homens em diferentes bairros das cidades do Recife e Jaboatão de modo a abranger as diferentes classes sociais com o objetivo de representar fidedignamente a disposição a pagar da população. Houve uma predominância de mulheres com curso superior entre os entrevistados, a exemplo dos homens cuja maioria também era composta por indivíduos que cursavam ou já haviam concluído o curso superior (Tabela 4.34).

Tabela 4.34 – Sexo x Grau de Instrução dos Entrevistados

<i>Grau de Instrução</i>	<i>Sexo</i>		<i>Total</i>
	<i>masculino</i>	<i>feminino</i>	
sem instrução	7	9	16
fundamental incompleto	19	12	31
fundamental completo	33	44	77
médio incompleto	32	30	62
médio completo	42	30	72
superior incompleto	64	43	107
superior completo	64	53	117
pós graduação	9	7	16
TOTAL	270	228	498

Fonte: Elaboração Própria

No que se refere às características do setor de trabalho, os trabalhadores assalariados foram a maioria, seguidos dos empregados domésticos e funcionários públicos, como pode ser visto na Tabela 4.35. A renda dos entrevistados apresentou uma grande variação e englobou desde indivíduos que percebiam salário mínimo, até respondentes com um alto padrão de vida.

Tabela 4.35 – Profissão dos Entrevistados - % da Amostra

<i>Profissão</i>	<i>Participação na Amostra (%)</i>
Comerciante	12%
Autônomo	8%
Desempregado	3%
Funcionário Público	14%
Profissional Liberal	2%
Trabalhador Assalariado	31%
Aposentado	10%
Inativo	1,5%
Empregado Doméstico	17%
Outros	1,5%
TOTAL	100%

Fonte: Elaboração Própria

A maioria dos indivíduos entrevistados morava em sua residência própria, incluindo os chefes de família, cônjuges e filhos. Do total de pessoas entrevistadas, 76% possuíam residência própria e 20% moravam em imóveis alugados. Os 10% restantes residem em barracos ou invasões.

Entre os respondentes, poucos não possuíam algum grau de instrução, apenas 3% se declararam sem instrução e 6% possuíam apenas o fundamental completo. Supõe-se, portanto, que a maioria dos entrevistados tenha algum conhecimento mais fundamentado acerca dos problemas ambientais e suas conseqüências. Tanto é que, questionados sobre a necessidade de serem promovidas ações de incentivo à reciclagem no Recife e em Jaboatão todos, foram unânimes em reconhecer sua importância. Da mesma forma, todos concordaram que a reciclagem permitiria uma melhoria na qualidade ambiental das cidades. Unanimidade também foi o reconhecimento da importância da busca por esta qualidade.

À medida que aumenta o grau de instrução dos entrevistados, cresce também o conhecimento sobre questões específicas da gestão de resíduos nas cidades consideradas

como, por exemplo, sobre o conhecimento da existência de uma Taxa de Limpeza Pública (TLP) cobrada em conjunto com o IPTU e que esta seria insuficiente para cobrir os gastos da Prefeitura com os serviços de limpeza urbana, conforme é possível verificar na Tabela 4.36. Dentre os indivíduos que sabiam que pagavam a TLP, 83% eram proprietários do imóvel, dos quais apenas 18% sabiam que esta taxa seria insuficiente para cobrir todos os custos das Prefeituras.

Tabela 4.36 – Ciência da Cobrança da Taxa de Limpeza Pública

<i>Grau de Instrução</i>	<i>Conhecimento da TLP</i>		<i>Total</i>
	<i>sim</i>	<i>não</i>	
sem instrução		16	16
fundamental incompleto	2	29	31
fundamental completo	9	68	77
médio incompleto	4	58	62
médio completo	13	59	72
superior incompleto	45	62	107
superior completo	59	58	117
pós graduação	10	6	16
TOTAL	142	356	498

Fonte: Elaboração Própria

Ao serem questionados se tinham algum conhecimento sobre programas de reciclagem, a grande maioria (60%) respondeu afirmativamente. Dentre estes, 54% estavam cursando ou já haviam concluído o curso superior e 11% possuíam o fundamental (Tabela 4.37).

Tabela 4.37 – Conhecimento Sobre Programas de Reciclagem

<i>Grau de Instrução</i>	<i>Conhecimento sobre programas de reciclagem</i>		<i>Total</i>
	<i>sim</i>	<i>não</i>	
sem instrução	3	13	16
fundamental incompleto	18	13	31
fundamental completo	44	33	77
médio incompleto	33	29	62
médio completo	40	32	72
superior incompleto	69	38	107
superior completo	79	38	117
pós graduação	13	3	16
TOTAL	299	199	498

Fonte: Elaboração Própria

Entre os indivíduos que sabiam da existência dos programas de reciclagem, 22% participam ou já participaram de programas de coleta seletiva. Os materiais coletados pelos entrevistados eram os mais diversos, mas entre os principais destacam-se a coleta de papel, garrafas PET e vidro. Também havia os que coletavam latas de alumínio. O destino dos materiais coletados por eles também é diversificado, embora vários entrevistados tenham declarado doar os materiais para o Hospital do Câncer. Os entrevistados que possuíam nível superior são os que mais praticam a reciclagem (52%), seguido pelos entrevistados com ensino fundamental (37%), conforme apresentado na Tabela 4.38.

Tabela 4.38 – Prática de Reciclagem por Grau de Instrução

<i>Grau de Instrução</i>	<i>Prática de Reciclagem</i>		<i>Total</i>
	<i>sim</i>	<i>não</i>	
sem instrução		16	16
fundamental incompleto	7	24	31
fundamental completo	18	59	77
médio incompleto	2	60	62
médio completo	5	67	72
Superior incompleto	13	94	107
Superior completo	19	98	117
pós graduação	3	13	16
TOTAL	67	431	498

Fonte: Elaboração Própria

A maioria dos indivíduos considera os serviços de coleta entre regular e bom (Tabela 4.39). Apenas um indivíduo considerou o serviço como ótimo. Os indivíduos que acharam os serviços ruins corresponderam a 21,5% do universo pesquisado. Entre os entrevistados que cursaram o ensino fundamental, houve uma ligeira predominância em favor da resposta “ruim”. Naqueles com ensino médio, a tendência de avaliar como bons os serviços de coleta da cidade foi menor do que na classe anterior. Já entre os indivíduos com ensino superior houve uma ligeira predominância de avaliação do serviço como regular em relação aos que os

classificaram como bons. Apenas 21% consideram os serviços como ruins. Esta avaliação aumentou entre os indivíduos com ensino fundamental e médio.

Tabela 4.39 – Opinião dos Entrevistados sobre o Serviço de Coleta Segundo o Grau de Instrução

<i>Grau de Instrução</i>	<i>Opinião sobre a Coleta</i>				<i>Total</i>
	<i>ruim</i>	<i>regular</i>	<i>bom</i>	<i>ótimo</i>	
sem instrução	10	5	1		16
fundamental incompleto	11	13	7		31
fundamental completo	33	28	16		77
médio incompleto	25	30	7		62
médio completo	17	40	15		72
superior incompleto	2	62	43		107
superior completo	6	62	49		117
pós graduação	3	6	6	1	16
TOTAL	107	246	144	1	498

Fonte: Elaboração Própria

A maior parte dos indivíduos era beneficiado com o serviço regular de coleta de resíduos (83%). Em apenas uma residência os resíduos eram queimados e em 17% dos domicílios o lixo era enterrado. Estes indivíduos cujos domicílios têm seus resíduos enterrados foram, na sua maioria os que classificaram a coleta nas cidades como ruim (Tabela 4.40).

Tabela 4.40 – Opinião sobre a Coleta segundo o Tipo de Serviço Recebido

<i>Tipo de Coleta</i>	<i>Opinião sobre a Coleta</i>				<i>Total</i>
	<i>ruim</i>	<i>regular</i>	<i>bom</i>	<i>ótimo</i>	
coleta regular	28	239	144	1	412
queima	1				1
enterrado	78	7			85
TOTAL	107	246	144	1	498

Fonte: Elaboração Própria

Analisando ainda os indivíduos não contemplados pelo serviço regular de coleta, é possível observar que a maior parte dos respondentes possuía apenas o ensino fundamental,

no máximo com o ensino médio, levando a conclusão de que se trata da camada mais favorecida da população (Tabela 4.41).

Tabela 4.41 – Tipo de Serviço de Coleta Recebido pelo Entrevistado Segundo seu Grau de Instrução

<i>Grau de Instrução</i>	<i>Tipo de Coleta</i>			<i>Total</i>
	<i>coleta regular</i>	<i>queima</i>	<i>enterrado</i>	
sem instrução	6		10	16
fundamental incompleto	21		10	31
fundamental completo	49		28	77
médio incompleto	43		19	62
médio completo	55		17	72
superior incompleto	106		1	107
superior completo	116	1		117
pós graduação	16			16
	412	1	85	498

Fonte: Elaboração Própria

A partir da pesquisa realizada, foi possível tirar algumas conclusões interessantes acerca do comportamento da população das cidades em estudo quando confrontadas com questões de cunho ambiental. Dentro do universo pesquisado, os indivíduos se mostraram pouco dispostos a pagar pela melhoria na qualidade ambiental provocada com a redução da disposição dos resíduos no aterro da Muribeca. Apenas 18% deles se declararam dispostos a desembolsar alguma quantia mensal por tal melhoria. Os outros 82% apesar de afirmarem a importância da melhoria da melhoria na qualidade ambiental, não se mostraram dispostos a pagar por ela. Não houve distinção significativa entre os sexos em relação a DAP pela qualidade ambiental. Proporcionalmente 18% dos homens e 18% das mulheres responderam *sim* para a DAP pela qualidade ambiental.

Considerando o grau de instrução dos entrevistados, observa-se uma predominância de respostas afirmativas entre aqueles que cursaram ou estão cursando o nível superior (30%). Entre estes, os que possuem pós-graduação foram os que se mostraram mais sensíveis. Oitenta e um por cento dos pós-graduados apresentaram uma DAP positiva. Dentre os entrevistados

que haviam cursado o ensino fundamental, apenas 6% declararam uma DAP positiva. Percentual este, semelhante ao dos indivíduos com ensino médio (Tabela 4.42).

Tabela 4.42 – DAP pela Qualidade Ambiental por Grau de Instrução

<i>Grau de Instrução</i>	<i>DAP pela Qualidade Ambiental</i>		<i>Total</i>
	<i>sim</i>	<i>não</i>	
sem instrução		16	16
fundamental incompleto	4	27	31
fundamental completo	4	73	77
médio incompleto	2	60	62
médio completo	7	65	72
superior incompleto	21	86	107
superior completo	39	78	117
pós graduação	13	3	16
TOTAL	90	408	498

Fonte: Elaboração Própria

Os trabalhadores assalariados e os funcionários públicos foram os que mais se apresentaram dispostos a pagar pela qualidade ambiental em número de entrevistados. Em percentual de entrevistados por tipo de profissão, entretanto, aqueles incluídos na categoria outros, compostos em sua maioria por alunos de pós-graduação detentores de bolsa de estudos, os trabalhadores autônomos e os funcionários públicos como é possível verificar na Tabela 4.43.

Tabela 4.43 – DAP positiva por Profissão do Entrevistado

<i>Profissão</i>	<i>DAP pela Qualidade Ambiental</i> %
Comerciante	24
Autônomo	36
Desempregado	6
Funcionário público	24
Profissional liberal	9
Trabalhador assalariado (indústria, comércio , serviços, etc)	14
Aposentado/pensionista	20
Inativo	40
Empregado doméstico	6
Outros	60

Fonte: Elaboração Própria

Não houve diferença significativa para a obtenção de uma resposta positiva, se o indivíduo era proprietário do imóvel em que residia ou não. Dezoito por cento dos proprietários apresentou uma DAP positiva, enquanto 23% dos inquilinos deram a mesma resposta, ressaltando, entretanto, que a maioria dos respondentes eram proprietários dos imóveis em que residiam (76%). Os demais alugavam os imóveis ou habitavam em barracos e em invasões.

Do mesmo modo, a prática freqüente da reciclagem pelos entrevistados também não influencia de forma significativa para um DAP positiva. Dezessete por cento daqueles que praticam a reciclagem responderam positivamente para a DAP enquanto entre aqueles que não a praticam o percentual foi o mesmo.

Os principais motivos alegados pelos entrevistados para uma negação da DAP foram os econômicos, seguidos pela falta de credibilidade, conforme é possível verificar na Tabela 4.44. Entre os indivíduos que possuíam o ensino fundamental, o primeiro foi o motivo mais alegado, enquanto que os que tinham curso superior apresentaram um certo ceticismo em relação às atividades do governo. Cerca de 38% deles declararam não acreditar que os problemas fossem resolvidos com o pagamento de taxas mensais.

Tabela 4.44 – Motivos Alegados Pela População para DAP Negativa

<i>Grau de Instrução</i>	<i>Motivo de Negação da DAP</i>					<i>Total</i>
	<i>motivos econômicos</i>	<i>falta de interesse</i>	<i>pagamento excessivo de impostos</i>	<i>falta de credibilidade</i>	<i>outros</i>	
sem instrução	10			7		17
fundamental incompleto	12	2	5	8		27
fundamental completo	36	16	5	16		73
médio incompleto	24	24	2	9	1	60
médio completo	30	10	2	23		65
superior incompleto	31	5	8	41		85
superior completo	14	2	21	41		78
pós graduação			2	1		3
TOTAL	157	59	45	145	1	408

Fonte: Elaboração Própria

A análise da DAP foi realizada em duas etapas. A primeira delas é a análise da DAP manifestada. Este tipo de análise visa a observância do maior lance que o indivíduo estaria disposto a pagar. A partir dela, permite-se a verificação das variáveis que influenciam a DAP máxima do indivíduo. O método usado para verificar o comportamento das variáveis foi o Mínimos Quadrados Ordinários (OLS), com correção de heterocedasticidade pelo método de White. Comentam-se a seguir os resultados encontrados (Tabela 4.45) para cada um dos aspectos observados na pesquisa realizada.

Tabela 4.45 - Resultados Econométricos para a DAP Manifestada

<i>Variável</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>t</i>	<i>Prob.</i>
C	-3.529116	0.869796	-4.057404	0.0001
RFAM	0.821091	0.133622	6.144865	0.0000
MEC	-1.834991	0.202401	-9.066113	0.0000
PEIMP	-2.451297	0.386337	-6.344965	0.0000
PROT	-2.396471	0.236401	-10.13733	0.0000
R-squared	0.359670	Mean dependent var		0.773547
Adjusted R-squared	0.354485	S.D. dependent var		2.188603
S.E. of regression	1.758409	Akaike info criterion		3.976666
Sum squared resid	1527.450	Schwarz criterion		4.018876
Log likelihood	-987.1781	F-statistic		69.36934
Durbin-Watson stat	1.881472	Prob(F-statistic)		0.000000

C é o intercepto, RFAM é o ln da renda familiar média, MEC é uma *dummy* de motivos econômicos

PEIMP é um *dummy* de pagamentos excessivo de impostos, PROT é uma *dummy* de protesto – não acredita que resolva.

Fonte: Elaboração Própria

O coeficiente de determinação (R^2) para este modelo foi apenas razoável (0,36). Entretanto este resultado se assemelha a muitos resultados obtidos em estudos similares. Este valor, inclusive ultrapassa alguns dos resultados. Alguns autores acreditam que tais valores sejam justificados pela não observância de um padrão de determinação do lance máximo dado pelos indivíduos. Gujarati (1998) afirma que quando acusa variáveis dicotômicas, o resultado do R^2 não é tão significativo sendo necessário estudar os outros parâmetros estatísticos.

Todos os parâmetros da análise como o teste *t*, Durbin-Watson e Fisher apontaram em direção à significância da regressão obtida. O teste F demonstrou inclusive que não houve viés de ponto de partida.

O efeito marginal da renda mostra que uma variação positiva na renda prova um acréscimo na disposição a pagar dos indivíduos. O sinal negativo nas variáveis de não pagamento indica, conforme esperado, uma diminuição na DAP. O fato dos entrevistados acharem que já pagam muitos impostos, por exemplo, acarreta uma diminuição de R\$2,45 na DAP dos indivíduos. Da mesma forma, ao alegar não pagamento por motivos econômicos, há uma diminuição de R\$1,83. Percebe-se, portanto, que o impacto dos motivos de não pagamento tem grande influência sobre a magnitude da DAP.

A outra etapa visa determinar a verdadeira disposição a pagar da população pelas melhorias na qualidade ambiental. O modelo usado na estimação da verdadeira DAP foi o logit. As observações obtidas sobre a DAP dos indivíduos para a melhoria na qualidade ambiental aplicada em um modelo logit resultaram nos parâmetros e estatísticas apresentados nas Tabelas 4.46 e 4.47 a seguir.

Tabela 4.46 – Resultados Econométricos para a DAP Verdadeira

<i>Variável</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>z</i>	<i>Prob.</i>
C	6.555016	1.109242	5.909457	0.0000
DAPR	-2.955016	0.766516	-3.855128	0.0001
RFAM	0.403481	0.151640	2.660781	0.0078
S.E. of regression	0.118650	Akaike info criterion		0.258308
Sum squared resid	6.968476	Schwarz criterion		0.283673
Log likelihood	-61.31879	Hannan-Quinn criter.		0.268263
Restr. log likelihood	-235.2990	Avg. Log likelihood		-0.123130
LR statistic (2 df)	347.9603	McFadden R-squared		0.739400
Probability(LR stat)	0.000000			

C é o intercepto, DAPR é o valor ofertado ao indivíduo, RFAM é o ln da renda familiar média

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.47 – Estatísticas Básicas

<i>Variável</i>	<i>Médias</i>		
	<i>Dep=0</i>	<i>Dep=1</i>	<i>All</i>
C	1.000000	1.000000	1.000000
DAPR	4.144444	0.031863	0.775100
RFAM	7.786162	6.897709	7.058273

Fonte: Elaboração Própria

Pelas tabelas anteriores, a probabilidade do indivíduo aceitar pagar para aumentar a qualidade ambiental com a reciclagem é de 18%. O modelo apresentado indica que, mantidas todas as demais variáveis constantes, um aumento nos valores ofertados para a DAP dos indivíduos diminui a propensão a pagar da população. Do mesmo modo, uma variação positiva na renda familiar média da população aumenta a DAP pela melhoria na qualidade ambiental. Todas as variáveis apresentam, pois, o sinal esperado. O modelo estimado apresenta um bom poder de predição uma vez que 97,19% das predições estavam corretas.

A determinação da verdadeira disposição a pagar é feita pela substituição das médias da tabela 4.47, multiplicando-as por seus respectivos parâmetros da tabela 4.46, estimando assim, o numerador “a” da equação 3.46, dividindo pelo denominador “b” correspondente ao coeficiente estimado para a DAP Máxima. O valor encontrado representa uma *proxy* do preço que o indivíduo estaria disposto a pagar pela geração de empregos provenientes do estímulo à atividade de reciclagem. Como a taxa cobrada seria mensal, multiplica-se o resultado encontrado por doze para achar o preço anual. Multiplicando-se o valor encontrado pela população total das duas cidades, encontra-se o valor total que tem para a sociedade a reinserção dos catadores no mercado formal através das práticas de reciclagem. Assim a DAP média dos indivíduos é de:

$$DAP = R\$4,20 \times 12 = \mathbf{R\$50,40}$$

O valor econômico total da reinserção dos trabalhadores no mercado formal no ano de 2002, por exemplo, é de:

$$\text{VET} = \text{R\$}50,4 \times 2.053.428 = \text{R\$}103.492.771,20$$

Para os demais anos da vida útil considerada foram estimados os valores apresentados na Tabela 4.48.

Percebe-se, a partir do resultado encontrado, que a população em geral não tem se mostrado muito disposta a pagar valores muito altos pela melhoria na qualidade ambiental. Os principais motivos para esta negação têm sido o econômico e a crença em que ações sociais devem ser tomadas pelo próprio governo. Além disto, muitos dos indivíduos entrevistados alegaram que não pagariam por não acreditarem que o dinheiro arrecadado fosse aplicado nestas questões. Aqueles se mostraram dispostos a pagar, em sua maioria, só aceitaram lances mínimos, contribuindo assim para a diminuição na disposição média a pagar.

Tabela 4.48 – Benefícios Resultantes da Melhoria na Qualidade Ambiental

10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
População	2.053,4	2.074,4	2.098,5	2.122,6	2.146,7	2.170,8	2.194,9	2.219,0	2.243,1	2.267,2	2.291,3
TOTAL (R\$)	103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2

Fonte: Elaboração Própria

j) GERAÇÃO DE EMPREGOS (GE)

A valoração desta variável foi realizada através do MAC aplicado à população em geral. Para tanto, considerou-se os mesmos pressupostos utilizados na mensuração da variável anterior. Na determinação do tamanho da amostra usou-se também os resultados obtidos na pesquisa piloto tendo sido estimada a necessidade de uma amostra de 436 indivíduos. Entretanto, conforme já explicado, optou-se por realizar uma pesquisa maior abrangendo no total, 498 pesquisados.

Os indivíduos entrevistados se mostraram mais dispostos a pagar uma quantia mensal pela geração de empregos provocados pelo incremento da atividade de reciclagem do que pela melhoria na qualidade ambiental, embora os que optaram por esta última tenham apresentado uma DAP maior em relação aos primeiros. Os homens se mostraram um pouco mais dispostos a pagar pelo aumento na geração de empregos do que as mulheres. Enquanto 29% dos homens apresentaram uma DAP positiva, 25% das mulheres mostraram o mesmo resultado. Entre aqueles que se dispuseram a pagar, a maioria (76%) era proprietário das residências em que moravam. A prática de algum tipo de atividade de reciclagem pelos entrevistados não pareceu influir para uma DAP positiva visto que apenas 18% dos que responderam positivamente realizavam alguma atividade. Os trabalhadores assalariados e os funcionários públicos foram aqueles que mais apresentaram uma DAP positiva pela geração de empregos, conforme é possível verificar na Tabela 4.49. A maior parte destes profissionais (81%) está cursando ou já concluiu o ensino superior.

Tabela 4.49 – Profissão dos Entrevistados que apresentaram um DAP Positiva

<i>Profissão</i>	<i>DAP Positiva (%)</i>
Comerciante	14%
Autônomo	15%
Desempregado	0,5%
Funcionário Público	22%
Profissional Liberal	5%
Trabalhador Assalariado	23%
Aposentado/Pensionista	12%
Inativo	1,5%
Empregado Doméstico	4%
Outros	4%
TOTAL	100%

Fonte: Elaboração Própria

Os principais motivos alegados pelos entrevistados para uma DAP negativa foi a falta de credibilidade nas ações do governo, seguidos por motivos econômicos (Tabela 4.50). Em parte os entrevistados acreditam que todas as esferas de governo fazem um mau uso do dinheiro público e por isso não conseguem realizar obras de cunho social. Eles crêem que se os recursos fossem gastos de forma mais adequada não haveria necessidade de angariar mais recursos.

Tabela 4.50 – Motivos para a DAP Negativa

<i>Motivo</i>	<i>%</i>
Motivos Econômicos	40%
Falta de Interesse	4%
Pagamento Excessivo de Impostos	4%
Falta de Credibilidade	52%
TOTAL	100%

Fonte: Elaboração Própria

O modelo aplicado para encontrar a disposição a pagar pela geração de empregos foi o mesmo aplicada ao caso da melhoria na qualidade ambiental. Os resultados encontrados para este item também foram semelhantes. A Tabela 4.51 apresenta os resultados econométricos e estatísticos obtidos.

Tabela 4.51 - Resultados Econométricos para a DAP Manifestada

<i>Variável</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>t</i>	<i>Prob.</i>
C	1.584769	0.884460	1.791793	0.0738
RFAM	0.401927	0.132326	3.037402	0.0025
FINT	-4.288259	0.321481	-13.33905	0.0000
MEC	-4.171251	0.306455	-13.61130	0.0000
PEIMP	-4.700104	0.378788	-12.40828	0.0000
PROT	-4.366820	0.317788	-13.74130	0.0000
R-squared	0.475283	Mean dependent var		1.292585
Adjusted R-squared	0.469961	S.D. dependent var		3.084253
S.E. of regression	2.245453	Akaike info criterion		4.467642
Sum squared resid	2485.734	Schwarz criterion		4.518295
Log likelihood	-1108.677	F-statistic		89.31070
Durbin-Watson stat	1.936891	Prob(F-statistic)		0.000000

C é o intercepto, RFAM é o ln da renda familiar média, MEC é uma *dummy* de motivos econômicos

PEIMP é um *dummy* de pagamentos excessivo de impostos, PROT é uma *dummy* de protesto – não acredita que resolva, FIN é uma *dummy* de falta de interesse.

Fonte: Elaboração Própria

Pode-se perceber pela tabela acima que os coeficientes são estatisticamente significantes a um nível de 5% e apresentam os sinais esperados, ou seja, os motivos de negação da DAP são responsáveis pela redução no valor da DAP dos indivíduos, enquanto à medida que aumenta a renda, aumenta a DAP dos indivíduos. O R^2 encontrado para o referido modelo também foi importante, dadas as restrições ressaltadas na variável anterior. Os valores encontrados para a Verdadeira DAP através da aplicação do modelo logit estão apresentados nas Tabelas 4.52 e 4.53 a seguir.

Tabela 4.52 – Resultados Econométricos da Verdadeira DAP

<i>Variável</i>	<i>Coefficient e</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Z</i>	<i>Prob.</i>
C	8.630709	1.234935	6.988798	0.0000
DAPR	-4.039242	2.046578	-1.973657	0.0484
RFAM	0.657558	0.143333	4.587630	0.0000
S.E. of regression	0.091179	Akaike info criterion		0.193548
Sum squared resid	4.123509	Schwarz criterion		0.218874
Log likelihood	-45.29014	Hannan-Quinn criter.		0.203486
Restr. log likelihood	-291.3143	Avg. log likelihood		-0.090762
LR statistic (2 df)	492.0484	McFadden R-squared		0.844532
Probability(LR stat)	0.000000			

C é o intercepto, DAPR é o valor ofertado ao indivíduo, RFAM é o ln da renda familiar média

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4.53 – Estatísticas Básicas

<i>Variável</i>	<i>Média</i>		
	<i>Dep=0</i>	<i>Dep=1</i>	<i>All</i>
C	1.000000	1.000000	1.000000
DAPR	4.718519	0.021978	1.292585
RFAM	7.804948	6.784601	7.060646

Fonte: Elaboração Própria

A probabilidade média de o indivíduo aceitar a contribuir para a melhoria da qualidade ambiental é de 28%, uma probabilidade maior do que na variável passada. De acordo com a Tabela 4.52, uma variação no valor ofertado da DAP provoca uma diminuição da aceitação do valor pelo indivíduo. Um aumento na renda provoca um aumento percentual na disposição a pagar. A exemplo do modelo anterior também para a geração de empregos, o modelo logit apresentou um resultado robusto com 99,20% das predições corretas.

A estimação da DAP média dos indivíduos pelo aumento na geração de empregos foi realizada seguindo os mesmos procedimentos aplicados no item anterior, chegando-se a uma DAP por indivíduo no valor de R\$2,53 por ano. Percebe-se que os indivíduos mostraram uma disposição para contribuir mais pela melhoria da qualidade ambiental do que pela geração de empregos. O VET estimado para o aumento na geração de empregos nas cidades de Recife e Jaboatão no primeiro ano de planejamento é de R\$62.342.100,00. Os valores para os demais anos estão apresentados na Tabela 4.54.

Tabela 4.54 – Benefícios para a Sociedade pelo aumento na Geração de Empregos

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
População	2.053,4	2.074,4	2.098,5	2.122,6	2.146,7	2.170,8	2.194,9	2.219,0	2.243,1	2.267,2	2.291,3
TOTAL (R\$)	62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5

Fonte: Elaboração Própria

k) REDUÇÃO NOS CUSTOS DE TRANSPORTE, COLETA E TRANSBORDO-RCC

A coleta domiciliar e o transporte no Recife são realizados por três empresas terceirizadas. Atualmente, os preços cobrados pelas empresas são R\$39,28/t, R\$36,32/t e R\$36,32/t. Desta forma, o valor médio dos custos unitários de coleta para a cidade do Recife é:

$$\text{Custos de Coleta} = \text{R\$37,31/t}$$

No caso de Jaboatão dos Guararapes, até o ano de 1991 os serviços de limpeza urbana eram realizados pela Secretaria de Serviços Públicos. A partir de 1992, os serviços foram terceirizados. No ano de 1997, a cidade foi dividida em 3 lotes e abriu-se licitação para que três empresas se responsabilizassem pelos serviços. Atualmente, o valor médio da coleta da tonelada de resíduos é de R\$34,18.

No primeiro ano, os custos totais de coleta foram estimados como o produto das quantidades coletadas pelos custos médios de coleta encontrados para as cidades em análise.

$$\begin{aligned} \text{Custos Totais} &= \text{Quantidade coletada no Recife} \times \text{custo médio de coleta em Recife} + \\ &\quad \text{Quantidade coletada em Jaboatão} \times \text{custo médio de coleta em Jaboatão} \end{aligned}$$

$$\text{Custos Totais} = 665.097,24 \text{ t} \times \text{R\$37,31/t} + 121.635,00 \times \text{R\$34,18/t} = \text{R\$28.559.162,44}$$

Isto posto, apresentam-se a seguir os custos totais que seriam incorridos para as Prefeituras das duas cidades, caso a situação permanecesse igual à atual (Tabela 4.55).

Tabela 4.55 – Custos Totais com Coleta no Recife e em Jaboatão dos Guararapes10³R\$

<i>Ano</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Recife (t)	655,1	687,9	722,2	758,4	796,3	836,1	877,9	921,8	967,9	1.016,3	1.067,1
R\$	24.441,7	25.663,8	26.947,0	28.294,3	29.709,0	31.194,5	32.754,2	34.391,9	36.111,5	37.917,1	39.812,9
Jaboatão (t)	121,6	127,7	134,1	140,8	147,8	155,2	163,0	171,2	179,7	188,7	198,1
R\$	4.157,5	4.365,4	4.583,6	4.812,8	5.053,4	5.306,1	5.571,4	5.850,0	6.142,5	6.449,6	6.772,1
TOTAL	28.599,2	30.029,1	31.530,6	33.107,1	34.762,5	36.500,6	38.325,6	40.241,9	42.254,0	44.366,7	46.585,0

Fonte: Elaboração Própria

Considerando agora que todos os materiais recicláveis e o composto orgânico sejam totalmente utilizados, a coleta domiciliar passaria a recolher um volume menor de resíduos. Os custos totais de coleta passariam então a ser no primeiro ano:

Custos Totais 2 = Quantidade Potencialmente coletada no Recife x custo médio de coleta em Recife + Quantidade Potencialmente coletada em Jaboatão x custo médio de coleta em Jaboatão

$$\text{Custos Totais 2} = 183.754,77 \text{ t} \times \text{R\$}37,31/\text{t} + 34.118,62 \times \text{R\$}34,18/\text{t} = \text{R\$}8.002.065,06$$

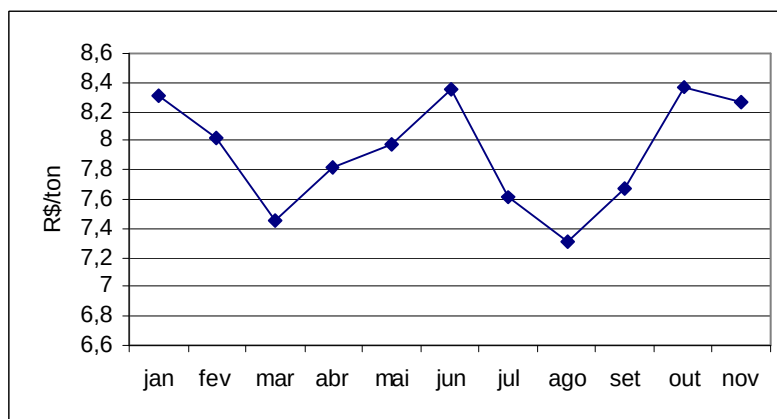
A economia total com coleta no Recife e Jaboatão seria então a diferença entre o custo total 1 (custos atuais de coleta) e o custo total 2 (custo potencial), conforme apresentado na Tabela 4.56.

Tabela 4.56 – Economia com Coleta no Recife e em Jaboatão

	10 ³ R\$										
Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Atual	28.599,2	30.029,1	31.530,6	33.107,1	34.762,5	36.500,6	38.325,6	40.241,9	42.254,0	44.366,7	46.585,0
Potencial	8.022,1	11.606,3	12.186,6	12.795,9	13.435,7	14.107,5	14.812,8	15.553,5	16.331,2	17.147,7	18.005,1
TOTAL (R\$)	20.577,1	18.422,9	19.344,0	20.311,2	21.326,8	22.393,1	23.512,8	24.688,4	25.922,8	27.219,0	28.579,9

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a EMLURB, os custos atuais com a disposição final estão numa média de R\$7,92/t, conforme é possível verificar na curva dos custos mensais no ano de 2003 fornecidos pela EMLURB, órgão responsável pelo gerenciamento do aterro da Muribeca (Figura 4.1).



Fonte: EMLURB, 2004

Figura 4.1 – Custo Unitário da Disposição Final

A economia total a ser atingida com a disposição em aterros será, considerando que os rejeitos dos materiais recicláveis e os resíduos não recicláveis serão depositados no aterro será dado por:

Economia com disposição = Quantidade Disposta atual x custo da disposição –

- Quantidade Potencialmente Disposta x custo da disposição

Economia com disposição (Ano1) = 776.732,24t x R\$7,92/t – 217.873,39 x R\$7,92/t

Economia com disposição (Ano 1) = R\$4.426.162,08

Tabela 4.57 – Economia com Disposição Final

	10 ³ R\$										
Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Disp. Atual	776,7	815,6	856,3	899,2	944,1	991,3	1.040,9	1.092,9	1.147,6	1.205,0	1.265,2
(A) R\$	6.151,7	6.459,3	6.782,3	7.121,4	7.477,5	7.851,3	8.243,9	8.656,1	9.088,9	9.543,3	10.020,5
Disp. Futura	217,9	315,2	331,0	347,5	364,9	383,1	402,3	422,4	443,5	465,7	489,0
(B) R\$	1.725,6	2.496,5	2.621,3	2.752,4	2.890,0	3.034,5	3.186,3	3.345,6	3.512,9	3.688,5	3.872,9
A - B	4.426,2	3.962,8	4.160,9	4.369,0	4.587,4	4.816,8	5.057,6	5.310,5	5.576,0	5.854,8	6.147,6

Fonte: Elaboração Própria

A economia total com custos evitados pela Prefeitura com coleta, transporte e destinação final corresponde ao somatório da economia com coleta e disposição final (Tabela 4.58).

Tabela 4.58 – Economia Total das Prefeituras do Recife e de Jaboatão

	10 ³ R\$										
Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Coleta	20.577,1	18.422,9	19.344,0	20.311,2	21.326,8	22.393,1	23.512,8	24.688,4	25.922,8	27.219,0	28.579,9
Disp. Final	4.426,2	3.962,8	4.160,9	4.369,0	4.587,4	4.816,8	5.057,6	5.310,5	5.576,0	5.854,8	6.147,6
TOTAL (R\$)	25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5

Fonte: Elaboração Própria

1) CUSTOS DE COLETA SELETIVA (CS)

Conforme já explicado no Capítulo 3, os custos com coleta seletiva na cidade do Recife se restringem aos custos operacionais de coleta em doze bairros da cidade, com caminhões e funcionários da própria prefeitura. Por este motivo, não existem estimativas precisas dos custos que seriam incorridos caso o projeto RecicLAR passasse a abranger toda a cidade. Deste modo, optou-se por considerar para a variável o custo médio de coleta seletiva praticado no país pelas cidades cuja abrangência em termos de bairros chega a 100% como é

o caso de Curitiba. Assim, considerou-se um custo médio de R\$82,00 por cada tonelada de material coletado pela coleta seletiva. Os custos totais hipotéticos para a adoção de uma coleta seletiva nas cidades do Recife e de Jaboatão são o produto entre a quantidade potencialmente reciclável nas cidades pelo custo médio definido, conforme pode-se observar na Tabela 4.59.

Tabela 4.59 – Custos com Coleta Seletiva

10³R\$

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Qtde. Reciclada	558,9	586,8	616,1	646,9	679,3	713,3	748,9	786,4	825,7	867,0	910,3
TOTAL (R\$)	(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)

Fonte: Elaboração Própria

m) RECEITA DA PREFEITURA (ROP)

As receitas das prefeituras provêm da Taxa de Limpeza Pública (TLP) cobrada anualmente juntamente com o IPTU. Na cidade do Recife, o valor arrecadado tem sido bem mais significativo do que em Jaboatão. Nesta última, no ano de 2.000 a taxa arrecada foi irrisória, uma vez que se tratou do primeiro ano de cobrança da referida taxa. Em 2002, o valor já foi bem mais alto R\$1.348.023.00, valor este, entretanto, muito menor que o arrecadado no Recife no mesmo ano (R\$25.892.000,00) de acordo com a Secretaria de Finanças da Prefeitura. De acordo com técnicos da mesma secretaria tem havido uma variação percentual média anual de 5,30% no valor da referida taxa. Por este motivo, considerar-se-á para fins de projeção para os anos considerados um aumento de 5,30% anual sobre o valor da receita (Tabela 4.60).

Tabela 4.60 – Receita das Prefeituras

Tabela 4.66 – Receita das Prefeituras											10 ³ R\$
Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Receita (R\$)	25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,4	41.211,7	43.396,0

Fonte: Elaboração Própria

Os valores desta variável serão aplicados aos agentes: **Governo Municipal e Sociedade**. O Governo Municipal é o maior interessado na redução de seus próprios custos, enquanto que os valores também são computados na equação da sociedade por dela também fazer parte o Governo Municipal.

n) REDUÇÃO DE MORBIDADE E MORTALIDADE

Morbidade

A Tabela 4.61 apresenta a incidência de doenças relacionadas ao lixo na cidade de Jaboatão dos Guararapes, de acordo com informações da Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco e do Ministério da Saúde, para o ano 2003. O motivo pelo qual a análise de morbidade e mortalidade foi realizada para a cidade de Jaboatão dos Guararapes se deve ao fato de que o aterro da Muribeca está situado naquele município e, portanto, os vetores das possíveis doenças provocadas pelo lixo gerado nas cidades analisadas atingem Jaboatão. Além disso, qualquer contaminação hídrica, proveniente do lançamento de chorume do aterro, seria veiculada pelo Rio Jaboatão, que se localiza também em Jaboatão dos Guararapes.

Tabela 4.61 – Incidência(P/ 600.000 hab) de Doenças Relacionadas ao Lixo

Ano 2003

<i>Doenças</i>	<i>Incidência Geral</i>	<i>> 15 anos</i>
Febre Tifóide	1	-
Peste	-	-
Leishmaniose	3	2
Leptospirose	25	19
Filariose	37	-
Febre Amarela	-	-
Dengue	8	5
Malária	-	-
Diarréias e gastroenterite	886	346

Fonte: SES-PE e DATASUS

De acordo com a Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco, a maioria dos procedimentos hospitalares é pago pelo Sistema Único de Saúde – SUS, embora os governos estadual e municipal arquem com alguma parcela das despesas. Entretanto, a Secretaria Estadual não dispõe de qualquer informação sobre estes valores. A Tabela 4.62 apresenta os gastos com serviços hospitalares por tipo de enfermidade ocorrida no município de Jaboatão no ano 2003.

Tabela 4.62 – Gastos Hospitalares por Doenças Relacionadas ao Lixo

Ano 2003

<i>Doenças</i>	<i>Permanência Média (dias)</i>	<i>Valor Médio AIH (R\$)</i>
Febre Tifóide	18	211,74
Leishmaniose	22	935,92
Leptospirose	9,6	528,35
Filariose	3,0	181,13
Dengue	8,0	272,34
Diarréias e gastroenterite	4,3	212,36

Fonte: DATASUS

A quantificação monetária dos benefícios incorridos ao evitar doenças provocadas pelo lixo no município de Jaboatão dos Guararapes pode então ser determinada por uma função dose-resposta representada pelo produto da incidência relativa a cada doença e o valor das AIH pagas pela enfermidade, atribuindo-se a este um peso relativo à redução dos vetores

no caso em que o lixo seja destinado adequadamente. Adotou-se um peso 0,9 no caso da doença ser transmitida por moscas, 0,65 quando for contraída devido ao contato com ratos e 0,40 no caso da transmissão se dar por mosquitos (Tabela 4.63).

Salienta-se, entretanto, que os valores apresentados até o momento referem-se apenas aos gastos hospitalares no âmbito do SUS. Sobre os custos praticados pelas clínicas e hospitais particulares não existem dados disponíveis por doença. Uma forma encontrada para preencher esta lacuna foi observar as divergências verificadas entre os valores encontrados pelo IBGE e aqueles divulgados pelo SUS. De acordo com as observações, constatou-se uma diferença média de 51% entre um e outro, ou seja, os dados levantados pelo DATASUS correspondem a aproximadamente 50% do total dos óbitos em Jaboatão, motivo pelo qual optou-se por considerar a incidência apresentada anteriormente como duplicada.

Tabela 4.63 – Custos Evitados em Doenças Relacionadas ao Lixo

<i>Doenças</i>	<i>Incidência Geral</i>	<i>Valor Médio AIH (R\$)</i>	<i>Peso</i>	<i>TOTAL (R\$)</i>
Febre Tifóide	2	211,74	0,90	381,13
Leishmaniose	6	935,92	0,40	2.246,21
Leptospirose	50	528,35	0,65	17.171,38
Filariose	74	181,13	0,40	5.361,45
Dengue	16	272,34	0,40	1.742,98
Diarréias e Gastroenterite	1.776	212,36	0,90	339.436,22
TOTAL				366.339,37

Fonte: Elaboração Própria

Com relação aos gastos ambulatoriais, segundo item do cálculo do custo de doença, não foi possível obter dados exatos sobre a produção ambulatorial junto ao Ministério da Saúde e Secretaria de Saúde de Pernambuco, uma vez que nos boletins de produção ambulatorial não consta o motivo da prestação dos serviços. Uma aproximação foi utilizada, considerando o valor médio do custo unitário ambulatorial que é de R\$1,10. Isto posto, apresenta-se na Tabela 4.64 os gastos ambulatoriais estimados por doença para Jaboatão.

Tabela 4.64 – Gastos Ambulatoriais

Ano: 2003

<i>Doenças</i>	<i>Incidência Geral</i>	<i>TOTAL (R\$)</i>
Febre Tifóide	2	2,20
Leishmaniose		6,60
Leptospirose	50	55,00
Filariose	74	81,40
Dengue	16	17,60
Diarréias e gastroenterite	1.776	1.953,60
TOTAL		2.116,40

Fonte: Elaboração Própria

A outra parte dos custos de doenças é composta pelo custo dos dias parados. Para tanto, considerou-se que as pessoas com idade superior a 15 anos e inferior a 70 eram ativos e deixaram de trabalhar durante os dias em que permaneceram doentes. O número de internações e a média de permanência foram obtidos no DATASUS. A renda mensal média para o município de Jaboatão foi obtida no site do IBGE como sendo igual a R\$384,37. O custo dos dias parados é calculado como sendo o produto das três variáveis mencionadas (Tabela 4.65).

Tabela 4.65 – Custos com os Dias Parados

Ano 2003

<i>Doenças</i>	<i>Incidência > 15 anos</i>	<i>Permanência Média (dias)</i>	<i>TOTAL (R\$)</i>
Febre Tifóide	-	18	-
Leishmaniose	4	22	1.298,88
Leptospirose	38	9,6	5.391,74
Filariose	-	3,0	-
Dengue	10	8,0	1.182,40
Diarréias e gastroenterite	692	4,3	43.979,37
TOTAL			51.852,39

Fonte: SES-PE e DATASUS

O custo total da doença, lembrando que $CD = \text{Gastos com Tratamento} + \text{Custo dos Dias Parados}$, está apresentado na Tabela 4.66 a seguir:

Tabela 4.66 – Custo das Doenças

Doenças	Dias Parados (R\$)	Tratamento (R\$)		TOTAL (R\$)
Febre Tifóide	-	2,20	381,13	383,33
Leishmaniose	1.298,88	6,60	2.246,21	3.551,69
Leptospirose	5.391,74	55,00	17.171,38	22.618,12
Filariose	-	81,40	5.361,45	5.442,85
Dengue	1.182,40	17,60	1.742,98	2.942,98
Diarréias e gastroenterite	43.979,37	1.953,60	339.436,22	385.369,19
TOTAL	51.852,39	2.116,40	366.339,37	420.308,16

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com Motta, Ortiz & Ferreira (1999), as outras duas categorias mencionadas no início desta discussão podem ser representadas pela razão Disposição a Pagar/Custo da Doença (DAP/CD), a qual foi estudada por Rowe *et al* que acharam um intervalo entre 1,3 e 2,4, sendo recomendado o valor 2 para efeitos adversos na saúde diferentes de câncer. Deste modo, optou-se por utilizar nesta aplicação o valor recomendado pelos autores para determinar o Custo Total da Doença (Tabela 4.67).

Tabela 4.67 – Disposição a Pagar para Reduzir o Risco de Doença

Doenças	CD (R\$)	DAP	TOTAL (R\$)
Febre Tifóide	383,3313	2	766,66
Leishmaniose	3551,69	2	7.103,38
Leptospirose	22618,12	2	45,236,24
Filariose	5442,85	2	10.885,70
Dengue	2942,98	2	5.885,96
Diarréias e gastroenterite	385.369,19	2	770.738,38
TOTAL			840.616,32

Fonte: Elaboração Própria

Mortalidade

O valor da vida humana foi aqui estimado a partir do cálculo do Valor da vida estatística, através da transferência de benefícios de estudos prévios conforme referencial fornecido por Motta, Ortiz & Ferreira (1999). Esta transferência nada mais é do que a adaptação da DAP de um local para outro por meio de um fator de conversão baseado nas diferenças de renda per capita, no capítulo anterior, na Tabela 3.12 para o Brasil.

O presente estudo utilizará o fator de conversão 2, o qual baseia-se nos gastos com saúde, PIB per capita e expectativa de vida ao nascer. Entretanto, ao invés de utilizar o valor estimado pelos autores referenciados, obteve-se o valor para o Estado de Pernambuco.

Assim, utilizando os dados obtidos para Pernambuco fornecidos pelo CONDEPE e os valores encontrados para a Europa apresentados na Tabela 3.12 tem-se:

$$\text{Fator 2} = \left(\frac{P_{PE}}{P_{Eu}} \right)^e \times \left(\frac{E_{PE}}{E_{Eu}} \right) \times \left(\frac{G_{PE}}{G_{Eu}} \right)$$

onde:

e = elasticidade-renda da demanda no Brasil;

P = PIB per capita em 1995;

E = expectativa de vida ao nascer em 1995;

G = gastos com saúde como porcentagem do PIB em 1995.

$$e = 1 - \quad \text{Fator 2} = \left(\frac{3264}{64614,6} \right)^1 \times \left(\frac{63,4}{77,3} \right) \times \left(\frac{2,64}{8,6} \right) = 0,01272$$

$$e = 0,54 - \quad \text{Fator 2} = \left(\frac{3264}{64614,6} \right)^{0,54} \times \left(\frac{63,4}{77,3} \right) \times \left(\frac{2,64}{8,6} \right) = 0,05022$$

Uma vez estimado o fator de conversão para Pernambuco, considerando o fator de conversão 2, a elasticidade 0,54 que é a proposta para a América Latina e Caribe e o valor da Vida Estatística calculado no ExternE, para 1998 (US\$4.141.652,32) é possível então estimar o valor da Disposição a Pagar total para evitar mortes e doenças provocadas pelo contato com os resíduos sólidos (Tabela 4.68).

Tabela 4.68 – Redução com os Custos de Morbidade e Mortalidade para os Agentes
1US\$ = R\$3,00

<i>Doenças</i>	<i>Morbidade (R\$)</i>	<i>Óbitos</i>	<i>Mortalidade = VVE(R\$)xfator2xobitos</i>	<i>TOTAL (R\$)</i>
Febre Tifóide	766,66	-	-	766,66
Leishmaniose	7.103,38	1	623.981,34	631.084,72
Leptospirose	45.236,24	-	-	45.236,24
Filariose	10.885,70	-	-	10.885,70
Dengue	5.885,96	-	-	5.885,96
Diarréias e gastroenterite	770.738,38	13	8.111.757,40	8.882.495,78
TOTAL	840.616,32	14	8.735.738,74	9.576.355,06

Fonte: Elaboração Própria

Os valores encontrados poderão ser utilizados para todos os anos considerados, uma vez que não tem havido variações significativas ao longo destes anos. Na análise de sensibilidade verificar-se-á se alterações no volume destas doenças modificarão significativamente os resultados encontrados.

4.2 - Aplicação dos Métodos do Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno

Esta etapa consiste da aplicação dos métodos de avaliação benefício-custo a cada agente considerado no estudo. Para tanto, foram executados os métodos do Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno já definidos no capítulo anterior:

$$[VPL_{x,n}]_i = [BP_{x,n}]_i - [CP_{x,n}]_i$$

onde:

$[VPL_{x,n}]_i$ = Valor Presente Líquido

x = alternativa

n = número de anos

t = tempo considerado

i = taxa de desconto

$$[BP_{x,n}]_i = \text{Benefício Presente Líquido} \quad \Rightarrow \quad [BP_{x,n}]_i = \sum_{t=0}^n \frac{B_{x,t}}{(1+i)^t};$$

$$[CP_{x,n}]_i = \text{Custo Presente Líquido} \quad \Rightarrow \quad [CP_{x,n}]_i = \sum_{t=0}^n \frac{C_{x,t}}{(1+i)^t};$$

A Taxa Interna de Retorno (TIR), é uma taxa não negativa que anula o Valor Presente Líquido. Considerou-se para fins deste estudo uma taxa de desconto de 12% ao ano e uma vida útil de 10 anos. Considerando todas as premissas definidas anteriormente as técnicas de avaliação a serem utilizadas já descritas, apresenta-se nas tabelas a seguir, os resultados obtidos para cada agente considerado neste estudo.

Tabela 4.69 – Balanço Econômico para o Agente Prefeitura

	10 ³ R\$											
<i>Ano</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
RCC	25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5	
CS	(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)	
ROP	25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0	
TOTAL (R\$)	5.068,8	1.532,2	1.690,6	1.861,2	2.045,0	2.242,7	2.455,4	2.684,1	2.929,8	3.193,7	3.477,0	

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$15.709,1

Tabela 4.70 – Balanço Econômico para o Agente Indústrias

	10 ³ R\$											
<i>Ano</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Investimentos	(258.230,2)											
VMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CMR	(89.212,4)	(93.673,0)	(98.356,6)	(103.274,5)	(108.438,2)	(113.860,1)	(119.553,1)	(125.530,7)	(131.807,3)	(138.397,6)	(145.317,5)	
CPR	(19.448,8)	(20.421,2)	(21.442,3)	(22.514,4)	(23.640,1)	(24.822,1)	(26.063,2)	(27.366,3)	(28.734,7)	(30.171,4)	(31.680,0)	
URH	4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7	
UEE	84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4	
UMP	213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4	
CA	1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3	
TOTAL	(258.230,2)	195.067,4	229.371,4	232.137,8	251.192,3	271.571,9	293.361,4	316.651,0	341.536,2	368.118,2	396.504,7	426.809,4

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 1.241.668,16

TIR = 86%

Tabela 4.71 – Balanço Econômico para o Agente Cooperativas

												10 ³ R\$
<i>Ano</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Investimentos	(7.396,7)											
VMR		29.569,2	31.056,4	32.680,8	34.314,8	36.030,6	37.832,1	39.723,7	41.709,9	43.795,4	45.985,1	48.284,4
CPR		(5.913,8)	(6.211,3)	(6.536,2)	(6.863,0)	(7.206,1)	(7.566,4)	(7.944,7)	(8.342,0)	(8.759,1)	(9.197,0)	(9.656,9)
TOTAL (R\$)	(7.396,7)	23.655,4	24.845,2	26.144,6	27.451,9	28.824,4	30.265,7	31.779,0	33.367,9	35.036,3	36.788,1	38.627,5

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%)	=	R\$147.063,32
TIR	=	143,00

Tabela 4.72 – Balanço Econômico para o Agente Sucateiros

												10 ³ R\$
<i>Ano</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>	<i>2008</i>	<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>
Investimentos	(11.444,1)											
VMR		11.980,0	12.579,8	13.215,6	13.876,4	14.570,2	15.298,7	16.063,6	16.866,8	17.710,1	18.595,6	19.525,4
CPR		(4.744,4)	(4.982,4)	(5.238,3)	(5.500,2)	(5.775,2)	(6.064,0)	(6.367,2)	(6.685,5)	(7.019,8)	(7.370,8)	(7.739,3)
TOTAL	(11.444,1)	7.235,6	7.597,4	7.977,3	8.376,2	8.795,0	9.234,7	9.696,5	10.181,3	10.690,3	11.224,9	11.786,1

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%)	=	R\$ 36.695,51
TIR	=	68%

Tabela 4.73 – Balanço Econômico para o Agente Unidades de Reciclagem

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(89.925,7)											
VMR		(20.853,2)	(21.908,7)	(23.109,4)	(24.264,9)	(25.478,1)	(26.752,0)	(28.089,6)	(29.494,1)	(30.968,8)	(32.517,2)	(34.143,1)
CMR		89.212,4	93.673,0	98.356,6	103.274,5	108.438,2	113.860,1	119.553,1	125.530,7	131.807,3	138.397,6	145.317,5
CPR		(32.936,6)	(34.583,4)	(36.312,6)	(38.128,2)	(40.034,6)	(42.036,3)	(44.138,1)	(46.345,0)	(48.662,3)	(51.095,4)	(53.650,2)
TOTAL	(89.925,7)	35.422,6	37.180,9	38.934,7	40.881,4	42.925,5	45.071,8	47.325,4	49.691,6	52.176,2	54.785,0	57.524,3

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 148.835,98

TIR = 43%

Tabela 4.74 – Balanço Econômico para o Agente Sociedade

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(366.996,6)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(63.043,5)	(66.198,3)	(69.529,2)	(73.005,7)	(76.656,0)	(80.488,8)	(84.513,2)	(88.738,9)	(93.175,8)	(97.834,6)	(102.726,3)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(366.996,6)	424.388,5	459.288,7	466.702,4	490.564,6	515.899,7	542.800,0	571.363,6	601.694,5	633.902,9	668.105,6	704.426,3

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) =

R\$ 2.444.134,39

TIR =

121%

Pelas tabelas apresentadas anteriormente, pode se perceber que pelos métodos do VPL e da TIR, a prática das atividades de reciclagem e compostagem são amplamente viáveis, representando uma economia anual de mais de 300 milhões para toda a sociedade. As variáveis que mais influenciaram positivamente os resultados obtidos foram a economia que pode ser alcançada com a redução no consumo de energia elétrica e matéria-prima virgem. A variável que apresentou no balanço geral os maiores custos, são aquelas relativas ao processamento dos materiais.

A análise benefício-custo realizada para cada um dos agentes considerados apresentou um VPL e uma TIR que apontavam para uma viabilidade da atividade, admitindo-se uma taxa de desconto de 12%. Para verificar se a atividade continua atrativa para a sociedade ao alterar parâmetros significativos como o preço da energia elétrica e da água realiza-se a seguir a análise de sensibilidade.

4.3 – Análise de Sensibilidade

Foram realizadas nove hipóteses de mudança nos parâmetros definidos para a sociedade: variações na taxa de desconto, variação na tarifa de energia elétrica, mudança na tarifa de água, aumento na incidência de doenças, variação nos níveis de investimento, nos custos de processo, na tecnologia. Os resultados para cada hipótese são apresentados a seguir

1. **Variação na Taxa de Desconto:** Considerando o fluxo de caixa obtido para o agente sociedade, aplicou-se o VPL, considerando diferentes taxas de desconto, para verificar se haveria alteração nos resultados alcançados. Foram obtidos os resultados a seguir

demonstrando que uma variação para mais ou para menos não tornarão a atividade inviável.

VPL (10%) = R\$ 2.780.029,99

VPL (20%) = R\$ 1.521.947,93

VPL (5%) = R\$ 3.917.839,46

2. **Variação na Tarifa de Energia:** Considerou-se um aumento anual de 5% sobre o valor da tarifa de energia elétrica. Verificou-se que o VPL continuou demonstrando a viabilidade da implantação das atividades (Tabela 4.75).

3. **Variação na Tarifa de Água:** Esta análise visou verificar o impacto que um aumento de 10% no valor da tarifa de água provocaria nos resultados obtidos para a sociedade com um todo. O resultado alcançado demonstra que a atividade continua atrativa para a sociedade. Obviamente, para os agentes Unidades de Reciclagem, Indústria, Cooperativas e Sucateiros o aumento no valor das tarifas aumentaria os custos, sem, entretanto, inviabilizar a atividade (Tabela 4.76).

4. **Variação nos Níveis de Investimento:** Busca-se, nesta hipótese, variar entre 10% e 20% os níveis de investimentos em unidades de reciclagem para verificar se as atividades continuavam viáveis. Obteve-se um resultado favorável para os dois percentuais considerados. Vale salientar que a observação feita para o item anterior sobre as unidades de Reciclagem e Compostagem continua pertinente. Os resultados para as duas variações estão apresentados nas Tabelas 4.77 e 4.78.

5. **Variação nos Custos do Processo:** Considerando o ponto de vista da sociedade como um todo, um aumento percentual de 10% nos custos do processo não tornará a atividade inviável para o agente (Tabela 4.79).

6. **Variação na Incidência de Doenças:** Também esta variação não influi de forma significativa nos resultados do VPL, ao aumentar-se em 10% a incidência de doenças no município de Jaboatão dos Guararapes (Tabela 4.80).

7. **Mudança na Tecnologia de Compostagem dos Resíduos:** Na cidade do Recife, apenas a CEASA pratica a compostagem de resíduos. Até o final de 2002, o método utilizado era o LESA considerado na hipótese padrão e desenvolvido em parceria com o IPA/FACEPE. Em 2003, a Ceasa cedeu espaço para uma nova tecnologia, a Bioexton, ainda em fase experimental, a qual será considerada na presente hipótese. A solução Bioexton foi desenvolvida por uma empresa incubada na Universidade de Uberaba e se trata de um processo de preparação de agentes biocatalizadores (conjunto de microorganismos com cofatores e substratos básicos que promovem a redução da celulose e carbonos) obtidos para a preparação de fertilizantes organominerais (conjunto de resíduos orgânicos e nutrientes minerais formados de macro e micro elementos essenciais que passam de forma inorgânica para orgânica, apresentando um complexo de microorganismos benéficos que interagem no solo, promovendo um aumento da meso e micro fauna do meio ambiente) a partir de uma série de resíduos orgânicos para aplicação na agricultura, horticultura, fruticultura e pecuária em geral.

De acordo com os idealizadores da solução, enquanto na formulação de um adubo químico 10-10-10, os 70% restantes são preenchidos por macronutrientes secundários e micro nutrientes, além de matéria neutra e areia, os fertilizantes organominerais são completados com resíduos orgânicos, ricos em microorganismos.

A tecnologia divide-se em quatro processos:

- 1) Esterilização: Etapa em que ocorre a descontaminação dos resíduos;
- 2) Desodorização: Utilizado em materiais com odores fétidos como é o caso do lixo urbano;

- 3) Nitrificação: Processo que ocorre com as bactérias fixadoras de nitrogênio;
- 4) Solubilização: Ocorre a disponibilização dos minerais existentes nas matérias-primas.

O processo compõe-se então de:

- Resíduo Orgânico + Biocatalizador específico = Fertilizante organofétil
- Resíduo Orgânico + Nutrientes minerais + Biocatalizador específico = Fertilizante organomineral

Este novo processo seria mais eficiente do que a compostagem, pois, além de produzir um fertilizante de melhor qualidade, reduz em muito tempo o processamento. Com o Bioexton, o processo é completo entre 48 e 72 horas, enquanto a compostagem demora em média 100 dias e exige um uso intensivo de máquinas caras e muita mão de obra. Além disso, o Bioexton exige muito menos espaço que a compostagem tradicional, onde grandes áreas se fazem necessárias para os pátios de tratamento diário.

No total será necessário um investimento de **R\$40.500.000,00** em usinas de compostagem utilizando esta nova metodologia que vem sendo testada para tratar os resíduos orgânicos da CEASA – Recife.

Os custos do processo utilizando esta nova tecnologia estão estimados em **R\$100,00/t**. Supõe-se ainda que o preço de venda do composto produzido a partir desta tecnologia corresponda a um valor que representa 50% do valor de venda dos adubos químicos no mercado. Atualmente, este valor está próximo dos R\$540,00 por tonelada, o que representa um valor de venda de **R\$270,00**, a tonelada do composto produzido. A partir destas premissas, obteve-se o balanço econômico para a sociedade apresentado na Tabela 4.81.

A exemplo das demais hipóteses consideradas, esta também se mostrou viável ao incentivo a atividades de reciclagem e compostagem nas cidades do Recife e Jaboatão. Provavelmente, devido ao aumento no preço de venda do composto orgânico produzido, a

referida hipótese se mostrou viável até mesmo sob o ponto de vista das indústrias recicladoras para as quais se encontrou uma TIR de 81%.

8. Mudanças nos Percentuais Considerados para cada Tipo de Empresa: Na hipótese padrão, todo o vidro era reciclado pela própria indústria. Nesta hipótese, considerou-se que também haveria indústrias especializadas em beneficiamento de vidro. Deste modo, as cooperativas, sucateiros e catadores venderão o material a ser reciclado mantendo as mesmas proporções entre eles (50% e 40%) agora divididos em partes iguais para indústrias e unidades de reciclagem. O material obtido de outras fontes será proveniente de doações da comunidade. Deste modo, 45% do material seriam reciclados por unidades de reciclagem e 55% pelas próprias indústrias. O material já reciclado será vendido à indústria a um valor de **R\$154,00/ton.**

Considerou-se ainda um aumento na proporção de plástico reciclado pelas indústrias em 20%, mantendo-se constantes as demais proporções. No que se refere ao papel, esta hipótese considerou que existiriam empresas recicladoras de papel na cidade, responsável pela reciclagem de 30% do material, sendo 20% obtido das cooperativas e 30% dos sucateiros. As indústrias continuariam a receber material de outras fontes, sendo 5% doados e 15% comprados. O valor de venda do material reciclado para a indústria pelas recicladoras foi estimado em R\$238,00 por tonelada. Para os demais materiais não se considerou nenhuma mudança. Os resultados para o VPL e TIR obtidos através destas mudanças apresentaram-se favoráveis às atividades, considerando o ponto de vista da sociedade como um todo (Tabela 4.82). As indústrias e recicladoras também apresentaram um VPL positivo frente a estas mudanças.

9. Implantação de Unidades de Reciclagem e Compostagem pelas Prefeituras de Recife e

Jaboatão dos Guararapes: Nesta hipótese, considerou-se que 50% do material reciclado nas cidades do Recife e de Jaboatão seriam comercializados a partir de unidades de reciclagem e compostagem implantadas pelas Prefeituras de ambas as cidades com o intuito de empregar uma grande leva de catadores. O lucro apurado com a venda dos materiais beneficiados por estes, seria repartido entre os próprios trabalhadores. Trata-se, portanto, de um investimento social das Prefeituras. O resultado encontrado para esta hipótese revela que ela se mostrou viável tanto para a sociedade como um todo. Entretanto, o resultado para as prefeituras foi negativo. Mantendo-se os demais parâmetros constantes e modificando apenas aqueles relativos aos custos de processo e investimentos, o VPL encontrado para o agente Prefeitura foi de **R\$(140.493.100,00)** no caso da prefeitura além de investir na implantação das cooperativas também arcar com os custos do processo. Caso a Prefeitura apenas fizesse os investimentos e deixasse a gestão completamente a cargo dos cooperados o VPL negativo se reduziria para **R\$(17.050.800,00)**. No caso da sociedade como um todo, os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 4.83.

Tabela 4.75 – Variação de 5% na Tarifa de Energia Elétrica

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(366.996,6)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(66.195,7)	(69.508,2)	(73.005,7)	(76.656,0)	(80.488,8)	(84.513,2)	(88.738,9)	(93.175,8)	(97.834,6)	(102.726,3)	(107.862,7)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		88.433,9	118.658,4	115.945,4	129.581,2	144.290,6	160.147,1	177.228,5	195.617,7	215.402,7	236.677,1	259.540,5
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(366.996,6)	425.447,5	461.629,2	468.747,1	493.084,9	518.937,8	546.401,6	575.577,4	606.572,7	639.501,4	674.484,2	711.649,1

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.461.493,62
TIR = 122%

Tabela 4.76 – Variação de 10% na Tarifa de Água

10³R\$

Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(366.996,6)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(69.347,9)	(72.818,1)	(76.482,2)	(80.306,3)	(84.321,6)	(88.537,7)	(92.964,5)	(97.612,8)	(102.493,4)	(107.618,1)	(112.999,0)
URH		5.035,8	5.261,7	5.010,0	5.241,1	5.482,8	5.735,6	5.999,9	6.276,3	6.565,4	6.867,7	7.183,8
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(366.996,6)	418.542,0	453.147,2	460.204,9	483.740,5	508.732,5	535.272,5	563.457,7	593.391,2	625.182,1	658.946,4	694.806,8

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.405.967,31
TIR = 120%

Tabela 4.77 – Variação nos Níveis de Investimento – 10%

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(403.696,3)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(63.043,5)	(66.198,3)	(69.529,2)	(73.005,7)	(76.656,0)	(80.488,8)	(84.513,2)	(88.738,9)	(93.175,8)	(97.834,6)	(102.726,3)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(403.696,3)	424.388,5	459.288,7	466.702,4	490.564,6	515.899,7	542.800,0	571.363,6	601.694,5	633.902,9	668.105,6	704.426,3

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.411.366,84
TIR = 111%

Tabela 4.78 – Variação nos Níveis de Investimento – 20%

												10 ³ R\$
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(440.395,9)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(63.043,5)	(66.198,3)	(69.529,2)	(73.005,7)	(76.656,0)	(80.488,8)	(84.513,2)	(88.738,9)	(93.175,8)	(97.834,6)	(102.726,3)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(440.395,9)	424.388,5	459.288,7	466.702,4	490.564,6	515.899,7	542.800,0	571.363,6	601.694,5	633.902,9	668.105,6	704.426,3

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.378.599,28
TIR = 102%

Tabela 4.79 – Variação nos Custos do Processo

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(366.996,6)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(69.347,9)	(72.818,1)	(76.482,2)	(80.306,3)	(84.321,6)	(88.537,7)	(92.964,5)	(97.612,8)	(102.493,4)	(107.618,1)	(112.999,0)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(366.996,6)	418.084,2	452.668,9	459.749,4	483.264,1	508.234,1	534.751,1	562.912,3	592.820,6	624.585,3	658.322,1	694.153,7

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.403.248,34
TIR = 120%

Tabela 4.80 - Variação na Incidência de Doenças

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(366.996,6)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(63.043,5)	(66.198,3)	(69.529,2)	(73.005,7)	(76.656,0)	(80.488,8)	(84.513,2)	(88.738,9)	(93.175,8)	(97.834,6)	(102.726,3)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0	10.534,0
TOTAL (R\$)	(366.996,6)	425.346,2	460.246,3	467.660,0	491.522,3	516.857,3	543.757,6	572.321,2	602.652,1	634.860,5	669.063,2	705.384,0

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.449.211,31
TIR = 122%

Tabela 4.81 - Mudança na Tecnologia de Compostagem dos Resíduos

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(362.135,9)											
VMR		3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(74.787,7)	(78.529,7)	(82.477,2)	(86.601,1)	(90.931,1)	(95.477,7)	(100.251,6)	(105.264,1)	(110.527,3)	(116.053,7)	(121.856,4)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(362.135,9)	412.644,3	446.957,3	453.754,4	476.969,3	501.624,5	527.811,1	555.625,2	585.169,2	616.551,4	649.886,5	685.296,3

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.372.329,03
TIR = 120%

Tabela 4.82 - Mudanças nos Percentuais Considerados para cada Empresa.

10³R\$												
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(363.185,9)											
VMR		427,2	448,6	471,0	494,5	519,3	545,2	572,5	601,1	631,2	662,7	695,9
CMR		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPR		(78.272,4)	(82.188,6)	(86.319,1)	(90.635,1)	(95.166,8)	(99.925,2)	(104.921,4)	(110.167,5)	(115.675,9)	(121.459,7)	(127.532,7)
URH		4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7
UEE		84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4
UMP		213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4
CA		1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3
QA		103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2
GE		62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5
RCC		25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5
CS		(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)
ROP		25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0
RMM		9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4
TOTAL (R\$)	(363.185,9)	406.363,4	440.362,3	446.829,6	469.698,3	493.990,0	519.794,8	547.208,1	576.331,3	607.271,5	640.142,6	675.065,3

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.330.667,95
TIR = 118%

Tabela 4.83 – Implantação de Unidades de Reciclagem pelas Prefeituras Municipais

												10³R\$
Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Investimentos	(369.701,9)											
VMR	3.223,4	3.384,6	3.553,8	3.731,5	3.918,1	4.114,0	4.319,7	4.535,7	4.762,5	5.000,6	5.250,6	
CMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
CPR	(63.043,5)	(66.198,3)	(69.529,2)	(73.005,7)	(76.656,0)	(80.488,8)	(84.513,2)	(88.738,9)	(93.175,8)	(97.834,6)	(102.726,3)	
URH	4.578,0	4.783,4	4.554,6	4.764,7	4.984,4	5.214,2	5.454,5	5.705,8	5.968,6	6.243,4	6.530,7	
UEE	84.222,7	113.008,0	110.424,2	123.410,6	137.419,6	152.521,0	168.789,0	186.302,5	205.145,4	225.406,8	247.181,4	
UMP	213.315,5	223.981,2	235.180,3	246.939,3	259.286,3	272.250,6	285.863,1	300.156,3	315.164,1	330.922,3	347.468,4	
CA	1.612,3	1.692,9	1.777,6	1.866,5	1.959,8	2.057,8	2.160,7	2.268,7	2.382,2	2.501,3	2.626,3	
QA	103.492,8	104.549,6	105.764,0	106.978,4	108.192,8	109.407,2	110.621,6	111.836,0	113.050,4	114.264,8	115.479,2	
GE	62.342,1	62.978,7	63.710,2	64.441,7	65.173,3	65.904,8	66.636,4	67.367,9	68.099,4	68.831,0	69.562,5	
RCC	25.003,3	22.385,6	23.504,9	24.680,2	25.914,2	27.209,9	28.570,4	29.998,9	31.498,9	33.073,8	34.727,5	
CS	(45.826,4)	(48.117,7)	(50.523,6)	(53.049,8)	(55.702,3)	(58.487,4)	(61.411,8)	(64.482,4)	(67.706,5)	(71.091,8)	(74.646,4)	
ROP	25.892,0	27.264,3	28.709,3	30.230,9	31.833,1	33.520,3	35.296,8	37.167,6	39.137,5	41.211,7	43.396,0	
RMM	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	9.576,4	
TOTAL (R\$)	(369.701,9)	424.388,5	459.288,7	466.702,4	490.564,6	515.899,7	542.800,0	571.363,6	601.694,5	633.902,9	668.105,6	704.426,3

Fonte: Elaboração Própria

VPL (12%) = R\$ 2.441.718,92
TIR = 121%

4.4 – Aspectos Legais, Econômicos e Políticos da Gestão dos Resíduos

A avaliação econômica empregada no presente estudo apontou para a viabilidade das atividades de reciclagem e compostagem nas cidades em análise. Esta viabilidade foi ratificada pela análise de sensibilidade conduzida ao final da avaliação, mesmo considerando os aspectos negativos como os custos incorridos pelas unidades recicladoras, cooperativas e sucatas que deveriam ser incentivadas de alguma forma pelo governo para garantir a viabilidade de seu empreendimento.

Tem sido fato nos mais diversos países, que uma prática maciça de reciclagem e compostagem não são possíveis a menos que haja a adoção de políticas públicas baseadas não apenas nos mecanismos de comando e controle, mas, principalmente, no emprego de instrumentos econômicos. No caso específico do Brasil, esta tendência ainda é bem recente e tem encontrado muita resistência por parte da população devido a diversos entraves legais que têm surgido nas cidades que implantaram algum tipo de mecanismo neste sentido. Nas seções subseqüentes serão discutidos alguns aspectos da possibilidade de aplicação de políticas deste tipo nas cidades analisadas.

Existem diversos tipos de instrumentos econômicos que podem ser aplicados em políticas públicas de resíduos sólidos. Entre estes, os que mais têm sido utilizados nas mais diversas partes do mundo são: subsídios à reciclagem, sistemas depósito-retorno e taxas. Estas últimas possuem diversas vertentes sendo a taxa por unidade de volume uma das mais difundidas.

O emprego dos instrumentos econômicos como parte integrante de políticas públicas de resíduos sólidos encontra alguns entraves devido às legislações tributárias vigentes. No Brasil, a legislação tributária tem base na Constituição Federal (CF) e no Código Tributário Nacional (CTN).

A CF no seu artigo 145 e o CTN (artigo 5º) especificam como tributos passíveis de serem instituídos pela União, Estados, DF e Municípios as taxas, impostos e contribuições de melhoria. Em disposições subseqüentes se referem ainda a empréstimos compulsórios e contribuições parafiscais ou especiais.

“Art. 145. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão instituir os seguintes tributos:

I – impostos;

II – taxas, em razão do exercício de poder de polícia ou pela utilização, efetiva ou potencial, de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos à sua disposição;

III – contribuição de melhoria, decorrente de obras públicas.

§ 1º. Sempre que possível, os impostos terão caráter pessoal e serão graduados segundo a capacidade econômica do contribuinte.

§ 2º. As taxas não poderão ter base de cálculo própria de impostos.”

É importante salientar que a CF apenas cria a competência para que as diferentes esferas do poder institua os seus tributos. Entretanto, as normas gerais para esta instituição são definidas por norma complementar e a instituição do tributo em si é feita através de lei ordinária da esfera competente para tal.

A competência para tributar é instituída também pela CF nos artigos 153 a 156. Apenas às pessoas jurídicas de direito Público, dotadas de poder legislativo pode ser atribuída a competência tributária. De acordo com o art. 7º do CTN “a competência tributária é indelegável, salvo atribuição das funções de arrecadar ou fiscalizar tributos, ou de executar leis, serviços, atos ou decisões administrativas em matéria tributária, conferida por pessoa jurídica de direito público a outra, nos termos do § 3º do artigo 18 da CF”.

Esta competência pode ser privativa como é o caso dos impostos (IPTU, IR, IPI, ICMS, entre outros), comum (taxas e contribuições de melhoria), especial (empréstimos compulsórios e contribuições parafiscais); residual (novos impostos) e extraordinária (impostos extraordinários).

No que se refere à União, ela tem competência para instituir todos os tipos de tributo, desde os de competência privativa até os extraordinários. Os tributos privativos de competência da União atualmente são:

“Art. 153. Compete à União instituir impostos sobre:

I – Importação de produtos estrangeiros;

II – Exportação, para o exterior, de produtos nacionais ou nacionalizados;

III – Renda e proventos de qualquer natureza;

IV – Produtos Industrializados;

V – Operações de crédito, câmbio e seguro, ou relativa a títulos ou valores imobiliários;

VI – Propriedade territorial rural;

VII – Grandes fortunas, nos termos de lei complementar.”

Dentro de suas atribuições, a União pode ainda instituir taxas, contribuições de melhoria, empréstimos compulsórios para atender despesas extraordinárias e investimentos públicos de caráter urgente e ainda contribuições sociais, de intervenção no domínio econômico e de interesse das categorias profissionais ou econômicas.

No caso dos tributos federais existentes, o único tipo de tributo sobre o qual é possível realizar algum tipo de ação para melhorar a gestão de resíduos sólidos e incentivar a reciclagem é o Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI. O IPI tem como um dos fatos geradores a saída do produto de qualquer estabelecimento considerado contribuinte do imposto, e como base de cálculo, o valor da operação de que decorrer a saída da mercadoria ou o preço corrente da mercadoria no mercado atacadista da praça do remetente.

O IPI pode ter suas alíquotas de incidência alteradas por iniciativa do executivo através de decretos. Desta forma, tem um poder de mobilidade maior do que se discutisse a criação pela União de novos impostos e taxas. Salienta-se que qualquer alteração nas alíquotas do IPI com fins de incentivo à reciclagem teria que incidir sobre o comércio de embalagens (papel, plástico, alumínio, etc) uma vez que já existe isenção de IPI para sucatas.

Motta & Sayago (1998) analisaram a opção do IPI e concluíram que este tipo de imposto era pouco efetivo para tributação. De acordo com os autores, apesar de apresentar uma maior agilidade de aplicação e uma maior elasticidade na variação da alíquota apresenta alguns problemas de ordem prática que dificultam o seu emprego. Estas dificuldades poderiam vir a ocorrer porque estratégias de variar alíquotas de produtos com embalagens recicladas ou das próprias embalagens de acordo com o nível de reaproveitamento de sucata são de difícil aplicação não sendo possível por decreto porque não existe discriminação de produtos por embalagem. Os autores apontaram, entretanto, a opção de empregar-se um subsídio via crédito presumido uma vez que a sucata não é tributada, mas sua transformação o é, pois sofre um processo industrial.

“O subsídio via crédito presumido neste caso seria um crédito de IPI que está contido na sucata quando esta foi originalmente produzida (carga de IPI no produto embalagem que gerou este material) e que, por estar sendo retornada ao processo produtivo, seria creditada em favor do reciclador. Embora não se pague IPI por produtos reaproveitáveis, o reciclador receberia este crédito, pago anteriormente na venda da embalagem que virou sucata, para deduzir dos seus débitos de IPI quando vender o material reaproveitado ou o produto que se utiliza deste material (...) Este mecanismo, entretanto, ao alterar a base de cálculo, requer uma lei ordinária ou medida provisória (MOTTA & SAYAGO, 1998).”

Recentemente o TRF da 4ª Região decidiu conceder a uma indústria o direito de compensar créditos de IPI. De acordo com o site Web-Resol (2004) que veiculou a notícia, a União vem tentando reverter decisões do Supremo Tribunal Federal (STF) sobre o tema, que garantem o crédito para bens isentos ou com incidência de alíquota zero, sob alegação de que a compensação de matérias-primas pode trazer prejuízos aos cofres públicos.

A esfera estadual pode instituir tributos de competência privativa, comum ou especial regulados pelos Artigos 155, 145 II e III, 148 e 149 da CF. De acordo com o art. 155:

“Compete aos Estados e ao Distrito Federal instituir impostos sobre:

I – Transmissão *causa mortis* e doação de quaisquer bens ou direitos;

II – Operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, ainda que as operações e prestações se iniciem no exterior;

III – Propriedade de veículos automotores.”

Pelo artigo 145 da CF, os estados poderão instituir ainda taxas e contribuições de melhoria e segundo o artigo 149, §1 podem criar contribuições sociais em benefício de seus servidores. Notadamente, no tocante à esfera estadual o único tributo já criado que permitiria alguma modificação com o objetivo de incentivar a prática da reciclagem.

Ocorre, entretanto, que pela legislação em vigor, até o final do ano de 2003, havia espaço para trabalhar a questão, pois os Estados e o Distrito Federal tinham autonomia para, por meio de lei complementar regulamentar a forma como seriam concedidos isenções, incentivos e benefícios fiscais e também como se daria a revogação destes, mediante deliberação dos Estados e do Distrito Federal, conforme Artigo 156, XII, g. Com a nova Reforma Tributária, os Estados perderam a sua autonomia. A nova redação dada pelas Comissões da Câmara veta as isenções e reduções de bases de cálculo e adotam uma regulamentação única, conforme se pode perceber no Art. 155, VII e VIII:

“Art. 155, VII – Não será objeto de isenção, redução de base de cálculo, crédito presumido ou qualquer outro incentivo em benefício, fiscal ou financeiro, vinculado ao imposto, exceto:

- a) para atendimento ao disposto no art. 146, III (...)
- b) isenção para operações com gêneros alimentícios de primeira necessidade e com medicamentos de usos humano, segundo condições e listas definidas em lei complementar.

VIII – Terá regulamentação única, sendo vedada a adoção de norma autônoma.”

Deste modo houve um engessamento no poder de decisão dos estados, além de ter acabado a possibilidade de concessão de incentivos fiscais a partir do ICMS, exceção feita ao caso disposto no art. 146, III, d, onde a legislação tributária pode definir um tratamento diferenciado e favorecido para as microempresas e para empresas de pequeno porte. Assim, com relação aos tributos já existentes pode-se concluir que a única possibilidade de lidar, no âmbito estadual, com o incentivo à reciclagem é através da concessão de benefícios fiscais às

pequenas empresas, ou às recicladoras, ou àquelas que utilizam material beneficiado no processo produtivo. Mesmo nesse caso, há a necessidade de uma lei complementar.

A CF delega privativamente aos Municípios a instituição de alguns impostos tais como o IPTU e o ISS. Quanto a estes não há possibilidade de agir no sentido de incentivar a reciclagem.

Apesar de, no tocante ao tributo do tipo imposto não haver muito espaço para manipulação, às três esferas do governo é permitida pela CF no art. 145, já definido anteriormente, a criação de taxas, desde que pela utilização efetiva ou potencial de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados aos contribuintes ou postos à sua disposição.

No que se refere especificamente aos serviços de limpeza pública, incluindo coleta, transporte e disposição final, que são considerados serviços públicos de competência municipal, segundo o art. 30, V, que considera a prestação de serviços públicos de interesse local, qualquer tipo de taxa instituído tem sido através de leis municipais.

O que tem ocorrido no Brasil é que estas taxas não vêm sendo instituídas de uma forma que venham sendo consideradas constitucionais. Por este motivo, diversos municípios que instituíram taxas de limpeza pública têm tido problemas relativos à constitucionalidade. Tais problemas se referem principalmente à interpretação do artigo 79 do CTN sobre a definição do viriam a ser os serviços públicos referidos no art. 145 da CF e no art. 77 do CTN. A esse respeito, define o art. 79:

“ Os serviços públicos a que se refere o artigo 77 consideram-se:

I – utilizados pelo contribuinte:

- a) efetivamente, quando por ele usufruído a qualquer título;
- b) potencialmente, quando, sendo de utilização compulsória, sejam postos à sua disposição mediante atividades administrativas em efetivo funcionamento;
- II – específicos, quando possam ser destacados em unidades autônomas de intervenção, de utilidade ou de necessidade públicas;

III – divisíveis, quando suscetíveis de utilização, separadamente, por parte de cada um de seus usuários.”

Uma vez que a própria CF, com o auxílio do CTN definiu as possibilidades de tributação através de taxas, nenhuma das esferas governamentais pode ampliar o disposto nestes dois dispositivos supremos. Alguns municípios ao criarem suas taxas têm burlado este conceito de divisibilidade, tanto com a criação de seus próprios conceitos do que viria a ser um serviço divisível, bem como, ao não especificar em sua lei, notadamente no que se relaciona à base de cálculo do tributo, sobre como seria dividida a utilização dos serviços de coleta, de modo que permita que eles sejam considerados como tal. Da forma como vem sendo cobrada em boa parte das cidades, o serviço de limpeza pública é indivisível, de utilização coletiva por toda a comunidade que circula pelas ruas e praças e devendo como tal, ser custeado internamente pela receita dos impostos municipais.

Outro problema que tem emergido da cobrança das TLPs tem sido a possibilidade de bitributação. De acordo com o artigo 145, as taxas criadas devem ter uma base de cálculo diferenciada dos impostos. Geralmente, estas taxas vêm sendo cobradas em conjunto com o IPTU. Como tal, em alguns casos tem sido calculada com base na área do imóvel que é a mesma base de cálculo do IPTU, possuindo como fato gerador a propriedade imobiliária (mesma incidência do imposto).

Além disso, conforme aponta Carneiro (2003), a taxa de lixo, irregularmente cobrada no mesmo carnê do IPTU, ainda o é feita com relação ao exercício financeiro vindouro, sendo irrazoável a exigência desta taxa, pois, é impossível saber ao certo se determinado imóvel produzirá ou não lixo naquele exercício, e se produzir, qual será a quantidade advinda.

Ainda com relação à base de cálculo, pode-se citar o caso da taxa criada por São Paulo, que estabeleceu valores-base de acordo com a natureza do domicílio e o volume da geração potencial de resíduos. O próprio contribuinte indica a quantidade de produção de lixo. Inexiste na cobrança da referida taxa, qualquer parâmetro mensurável que possa refletir a quantificação, indispensável do valor a ser recolhido, para que o contribuinte saiba o custo do

serviço divisível posto à sua disposição, permitindo a constatação de enriquecimento ilícito por parte do Estado.

No caso do Recife, a exemplo de diversas outras cidades, a TLP é cobrada no carnê do IPTU. Sua base de cálculo é função de um fator de coleta de lixo, do fator de enquadramento do imóvel (o qual por sua vez depende da área construída ou testada fictícia) e do fator de utilização do imóvel (residencial, comercial, etc). Percebe-se que apesar de possuir uma base de cálculo diferenciada da do IPTU (valor venal do imóvel), a TLP apresenta alguns elementos em comum. Isto por que: 1) é cobrada no mesmo carnê do IPTU; 2) a cobrança é antecipada descaracterizando um serviço divisível; 3) possui aspectos comuns na base de cálculo (ambos são função da área do imóvel). Apesar de apresentar algumas evidências que dão margem a algum questionamento quanto à sua constitucionalidade, a aplicação da taxa tem transcorrido na cidade sem maiores problemas.

Foi feita uma tentativa frustrada de solucionar este problema na nova Reforma Tributária tendo sido proposta uma alteração no artigo 149 que permitiria aos municípios e ao Distrito Federal instituírem contribuições para o custeio do serviço de limpeza das vias, logradouros, praças e parques podendo ter como base o valor venal do imóvel. Estava prevista ainda a convalidação das taxas de limpeza consideradas inconstitucionais.

Estas modificações, entretanto, foram suprimidas pelo Senado, levando a sociedade ao mesmo ponto de partida: como criar taxas para os serviços de limpeza de forma constitucional?

Note-se que para tanto, é preciso definir uma forma de quantificar individualmente os serviços, tal como é feito para a iluminação, água e esgotos. Tem de ser mudada, portanto, a forma de pensar tais bases de cálculo, a fim de apresentar uma mensuração convincente à população e às autoridades que têm decidido constantemente pela inconstitucionalidade das taxas, impossibilitando que os municípios realizem uma gestão adequada de seus resíduos.

Do ponto de vista político, o Estado de Pernambuco tem feito alguns avanços a respeito da gestão de resíduos, procurando diversificar suas ações ao invés de enfatizar apenas a criação das TLPs. Um marco na gestão de resíduos do Estado foi a elaboração de uma legislação estadual sobre o tema, culminada com a regulamentação no início do ano de 2002 da Política de Resíduos Sólidos de Pernambuco. Ênfase foi dada à criação da educação ambiental, programas e também de instrumentos econômicos e fiscais. Com relação a este último, os artigos 14 a 16 da Política definem as diretrizes de ação para a implantação de instrumentos adequados como é possível verificar nos trechos descritos a seguir:

“Art. 14 A auto-sustentabilidade do modelo institucional de gestão de resíduos sólidos deverá estar centrada na utilização de instrumentos e incentivos econômicos adequados, cuja implementação seja viável a curto e médio prazos.

Parágrafo único. A regulamentação desta Lei disporá sobre os instrumentos econômicos e fiscais de que trata este artigo.

Art. 15. Os municípios deverão apresentar plano de gerenciamento de resíduos urbanos devidamente aprovado pelo órgão ambiental estadual, quando da solicitação de financiamentos a instituições oficiais.

Art. 16. Cabe ao Estado de Pernambuco, por meio dos seus órgãos competentes, respeitando suas especificidades e atribuições:

promover e fomentar programas de capacitação dos técnicos que atuam na limpeza urbana;

exigir planos operacionais e projetos básicos dos Municípios para financiamentos estaduais;

estimular os Municípios a atingirem a auto-sustentabilidade econômica dos seus sistemas de limpeza pública, através da criação e implantação de mecanismos de cobrança e arrecadação compatíveis com a capacidade de pagamento da população;

estimular a gestão compartilhada entre municípios para soluções de tratamento e destinação final de resíduos;

conceder incentivo fiscal e financeiro às unidades geradoras de resíduos que financiem a pesquisa e se utilizem de tecnologias que não agredam o meio ambiente no tratamento dos seus resíduos;

estabelecer formas de incentivos fiscais para aquisição pelos Municípios dos veículos e equipamentos apropriados ao setor de limpeza urbana;

reduzir o ICMS para resíduos recicláveis e produtos fabricados com produtos recicláveis;

fomentar a elaboração de legislação e atos normativos específicos de limpeza pública nos Municípios, em consonância com as políticas estadual e federal;

criar mecanismos que facilitem a comercialização dos recicláveis em todas as regiões do Estado;

incentivar consórcios entre Municípios e iniciativa privada para tratamento, processamento e comercialização dos resíduos recicláveis; e

fomentar parcerias das indústrias recicladoras com o poder público e a iniciativa privada nos programas de coleta seletiva e no apoio à implantação e desenvolvimento de associações ou cooperativas de catadores (SECTMA, 2001).”

Pela análise de sensibilidade conduzida neste estudo pode-se concluir pela necessidade e urgência de implantação de instrumentos definidos na política a fim de possibilitar uma ação mais efetiva das Prefeituras Municipais na gestão de seus resíduos. Isto ficou evidente na hipótese em que a Prefeitura Municipal construiria cooperativas de reciclagem, gerando inúmeros postos de emprego. Esta hipótese mostrou-se inviável, apontando a necessidade de recursos adicionais para que atitudes como estas possam ser postas em prática.

Conforme já comentado anteriormente, os instrumentos econômicos têm sido utilizados como uma poderosa ferramenta nas mais diversas partes do mundo para melhorar a gestão de resíduos dos municípios. Cabe aos dirigentes dos municípios e suas equipes econômicas e jurídicas analisarem entre as diversas opções vigentes, àquelas que mais se adequam economicamente e judicialmente aos municípios. Como exemplo de taxação que pode ser estudada para implantação sugere-se a taxação sobre unidade de volume, onde os usuários adquirem galões de coleta padronizados pelas Prefeituras e são taxados de acordo com a quantidade de galões que entregam para coleta. Este tipo de taxação acabaria com o

problema da divisibilidade, além de incentivar os usuários a consumir menos. Entretanto, deve-se verificar se os custos de transação viabilizam a proposta.

4.5 – Considerações Finais

O principal objetivo da aplicação realizada neste estudo consistiu em verificar a viabilidade do incentivo à prática de atividades de reciclagem e compostagem no intuito de oferecer uma destinação adequada à população, para os resíduos sólidos urbanos das cidades do Recife e Jaboatão. Os resultados encontrados foram extremamente favoráveis ao considerar-se o ponto de vista da sociedade como um todo, apresentando uma TIR de 121% para a hipótese padrão.

Após verificar-se a viabilidade da atividade estudada, realizou-se uma análise de sensibilidade para estimar se a mudança em alguns parâmetros modificava substancialmente o resultado obtido. Foram realizadas dez análises. A variação na taxa de desconto não influenciou substancialmente os resultados obtidos. As modificações nas tarifas de água e energia, no nível de investimentos, custos do processo e percentuais de reciclagem das empresas também não apresentaram variações significativas com TIRs variando entre 122% e 120%. A única hipótese que apresentou algum tipo de variação significativa foi a implantação de Unidades de Reciclagem por parte das Prefeituras, pois o modelo para o agente se mostrou inviável apontando para a necessidade de adoção de algum tipo de instrumento econômico que venha a subsidiar o agente, uma vez que se mostrou positivo para a sociedade como um todo.

Diante do exposto neste capítulo, a partir das simulações realizadas, pode ser concluído que a prática eficiente da reciclagem e compostagem é perfeitamente viável de ser incentivada e resulta em benefícios para toda a sociedade.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Uma vez realizados todos os balanços econômicos para os agentes e efetuadas diversas análises de sensibilidade levando em consideração o ponto de vista da sociedade é possível chegar às seguintes conclusões.

- Cooperativa: A exemplo da maioria dos agentes considerados neste estudo, o balanço econômico da reciclagem se mostrou positivo. Isto porque, ao trabalhar em cooperativas, os agentes não têm gastos com matéria- prima e dificilmente vendem o apurado a atravessadores, atuando eles mesmos como intermediários, garantindo assim uma maior lucratividade para o seu negócio. Os trabalhadores revendem a matéria- prima por um preço acima do praticado pelos catadores. Além disso, em geral, os terrenos são doados, o que faz com que o nível de investimentos seja menor e a atividade seja viável para os agentes. Um dos aspectos mais positivos das cooperativas entretanto, é a reinserção dos catadores de rua no mercado formal de trabalho, uma vez que em geral, os trabalhadores deste tipo de empresa são ex-catadores.
- Sucateiros: Concluiu-se no balanço econômico dos sucateiros que o correto tratamento e destinação final só trazem benefícios para a categoria. Os investimentos necessários para iniciar a atividade são baixos em comparação com aqueles requeridos, por exemplo, para as unidades de reciclagem que precisam de um investimento maior dada a sofisticação tecnológica requerida. Como só atuam praticamente como atravessadores do material reciclável, seus custos de processo também não são elevados, contribuindo para que o resultado da aplicação do VPL tenha sido satisfatório para o agente.

- **Indústria:** Apesar dos altos investimentos requeridos para reciclar os materiais, o balanço econômico da atividade de reciclagem para a indústria se mostra positivo. Isto porque a indústria consegue reduzir uma grande quantidade de insumos do seu processo produtivo. A redução dos custos com matéria-prima seria da ordem de R\$200.000.000,00 o que já seria suficiente para cobrir todos os custos de compra e processamento dos materiais, fazendo com que o agente seja um dos maiores beneficiados com a atividade. Por este motivo é comum encontrar as indústrias patrocinando campanhas de conscientização pública para promover a reciclagem. Sem nenhuma exceção, todas as empresas que foram pesquisadas enalteceram os benefícios que uma reciclagem eficiente poderia trazer.
- **Prefeitura:** Apesar de ao adotar um programa de coleta seletiva em toda a cidade, a prefeitura ter de arcar com altos custos de coleta, há de se ponderar que a ordem de redução com custos de coleta convencional seria de cerca de R\$ 25.000.000,00 reais. A receita obtida com a arrecadação da Taxa de Limpeza Pública já seria suficiente para cobrir os custos com a coleta seletiva. O valor da receita só não possui uma representatividade maior porque se considera no estudo a cidade de Jaboatão, que tem um gerenciamento dos resíduos bem mais atrasado que o do Recife. Lá, a TLP só começou a ser cobrada no ano de 2000, tendo sido alcançado valores irrisórios de arrecadação que não chegou a ser suficientes para cobrir as despesas mensais da secretaria de limpeza urbana.
- **Unidades de reciclagem:** O balanço econômico dos agentes responsáveis pelo gerenciamento das unidades de reciclagem e compostagem também se mostrou positivo, tanto pelo VPL, como pela taxa Interna de Retorno. Apesar dos resultados benéficos encontrados na presente análise, deve-se atentar para os altos valores de alguns tipos de

sucata, ao elevado nível de investimento e custos de processo de determinados tipos de material necessários ao beneficiamento.

Para tornar a atividade atrativa é necessário um estudo minucioso sobre os investimentos a serem realizados e sobre a maneira mais eficiente de reduzir os custos do processo. Uma forma eficaz de solucionar este problema seria através de incentivos do governo sob a forma de subsídios, isenção ou redução de impostos de modo a tornar a atividade atrativa também a este agente tão essencial na cadeia produtiva de reciclagem.

- Sociedade: Os resultados obtidos para o agente sociedade representam a síntese dos resultados alcançados pelos demais agentes. As variáveis que mais influíram positivamente nos resultados em ordem decrescente foram: a redução nos custos com matéria-prima virgem, a redução no consumo de energia elétrica e a redução da morbidez e mortalidade em um patamar inferior. A significância destas variáveis no modelo só veio a corroborar a veracidade das alegações de sites, folhetos, panfletos, revistas e ecologistas que proclamam que a reciclagem apresenta os referidos benefícios. A economia de energia e de matéria-prima juntas são responsáveis pela quase totalidade de benefícios líquidos factíveis de serem alcançados com a reciclagem e a compostagem. Por outro lado, a variável com a maior influência negativa são os custos do processo que aparentam ser o grande vilão da reciclagem.

Após a análise dos resultados obtidos para os diversos agentes, é possível concluir que, considerando a região em estudo, o incentivo maciço ao aproveitamento de materiais recicláveis é sim, perfeitamente viável e benéfico para a sociedade como um todo. A contrapartida do governo pode se dar através da aplicação de instrumentos econômicos e legais que permitam incentivar a implantação de indústrias recicladoras na região e estimulem

a população em geral a reduzir a geração de resíduos em suas atividades de consumo e a reciclar os materiais.

O primeiro passo já foi dado no Estado com a regulamentação da Política Estadual de Resíduos Sólidos. É necessário, porém, o maior envolvimento tanto dos municípios para viabilizar esta política, quanto da própria união no sentido de flexibilizar mais a legislação tributária vigente a fim de permitir a instituição dos instrumentos referidos.

CAPÍTULO 6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, *NBR – 8.419, Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos*, Rio de Janeiro, 1984

_____, *NBR – 8.849, Apresentação de Projetos de Aterros Controlados de Resíduos Sólidos Urbanos*, Rio de Janeiro, 1985

_____, *NBR – 10.004 Resíduos Sólidos – Classificação*, Rio de Janeiro, 1987

_____, *NBR – 12.980, Coleta, Varrição e Acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos*, Rio de Janeiro, 1993

ACURIO G, ROSSIN A, TEIXEIRA PF, ZEPEDA F. *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*. 1998. Peru. Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud. Serie Ambiental nº 18. Disponível em: <http://www.cepis.org.pe>.

AGÊNCIA Brasil, *Mais de 46 Mil Crianças Trocaram Trabalho nos Lixões por Sala de Aula, Ambiente Brasil*, 1998. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/agenda>. Acesso em : 05 mai. 2004

AGUIRRE, A., FARIA, D.M.C.P, *Avaliação contingente de investimentos ambientais: um estudo de caso, Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 26, n. 1, 1996.

ALONZO, N.F, *El Pais Desaprovecha la Basura, El Universal.com*, 2003. disponível em: <http://calidaddevida.eluniversal.com/2003/05/07/07255AA.shtml> . Acesso em: 05 mai. 2004

BAUMOL, W.J & OATES W.E, *The Environmental Policy*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K, 1998

BBC Mundo, *Islas Asediadas por la Basura, BBCMundo.com*, 2004. Disponível em: <http://news.bbc.co.uk>. Acesso em: 05 mai. 2004

BREEDLOVE, J., *Natural Resources: Assesing Nonmarket Values through Contingent Values*, **CRS Report for Congress, Congressional Research Service**, 1999

BROLLO, MJ & SILVA, M.M, *Política e Gestão Ambiental em Resíduos Sólidos. Revisão e Análise sobre a Atual Situação do Brasil*, Anais do **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, 2000

BUSSAB, W.O & MORETTIN, P.A, *Estatística Básica*, Editora Saraiva, 5ª Edição, São Paulo, 2003

CALDERONI, S, *Os Bilhões Perdidos no Lixo*, Ed. Humanitás, São Paulo, 1999

CARNEIRO, A.L.A., *A taxa de Lixo e Seus Aspectos Legais*, **Jus Navigandi**, Teresina, a.7, n. 62, fev. 2003. Disponível em: <http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=3693>. Acesso em: 28 mai. 2004

CEMPRE, *Fichas Técnicas*, São Paulo, 2000

CEMPRE, *Fichas Técnicas*, São Paulo, 2002

CLEMENTE, ADEMIR (Organizador), *Projetos Empresariais e Públicos*, Ed. Atlas, São Paulo, 1998

COMISSÃO EUROPÉIA, *A UE e a Gestão dos Resíduos*, Luxemburgo, 2000. Disponível em <http://europa.eu.int>

CONDEPE, *Pernambuco em Dados*, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Social, Pernambuco, 2001

CONTADOR, CLÁUDIO R., *Avaliação Social de Projetos*, Ed. Atlas, São Paulo, 1987

COSTA & JUCÁ, *Projeto RecicLAR – Coleta Seletiva Porta a Porta*, **IV Seminário Nacional Sobre Resíduos Sólidos**, Anais, Recife, ABES, 2000

CRUZ, J., *Amostragem Estatística – Noções Básicas*, Universidade Federal de Sergipe, 1978

DIXON, J. A., et al, **Economic Analysis of Environmental Impacts**, 2. Ed., London, Earthscan Publications Ltd, 1994, 210 p.

DHV, *Waste Management Policies in Central and Eastern European Countries – Current Policies and Trends*, República Tcheca, 2001

EEA, *Environment in the European Union at the Turn of the Century*, 1999

EEA, *Indicators*, 2002, Disponível em www.eea.eu.int. Acesso em: 13 jun. 2003

EPA, *Municipal Solid Waste in the United State: 2000 Facts and Figures Executive Summary*, 2002, Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acesso em: jun. 2003

EXTERNE, *Externalities of fuel Cycles: economic Valuation – An Impact Valuation Approach*, 1998. Disponível em: <http://externe.jcr.es> . Acesso em: 1998

FARIA, R.C. *Um Teste Empírico do Modelo Bidding Games de Avaliação Contingente*. Brasília: UnB, 1998. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade de Brasília, 1998.

FERRER, Y., *Com la Basura Hasta el Cuello*, **Tierramerica**, 2003. Disponível em: <http://tierramerica.net/2003/0609/noticias3.shtml> . Acesso em 05 mai. 2004

FREEMAN III, A.M. *The Measurement of Environmental and Resource Values*. Washington: Resources for the Future, 1993.

FULLERTON, D. & WOLVERTON, A, *The Case for a Two-Part Instrument: Presumptive Tax and Environmental Subsidy*, NBER Working Paper Series, 1997

FURTADO, N., KAWAMOTO, E., *Avaliação de Projetos de Transporte*, Universidade de São Paulo, EESC, São Carlos, SP, 1997.

GRS, *Workshop: Diagnóstico de Resíduos Sólidos no Estado de Pernambuco – Relatório Técnico*, Recife, 2000

GUJARATI, D N., *Basic Econometrics*, McGraw-HILL, Second Edition, 1988

IBAM, *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.*, Rio de Janeiro 2000

IBGE, *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, Rio de Janeiro, 1992

_____, *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)*, 1981 a 1995

_____, *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)* - 1999. Disponível em: www.ibge.gov.br/ibge/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/tabela3.shtml#a36. Acesso em: mai. 2002

_____, *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)* - 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em: 05 mai. 2004

_____, *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, Rio de Janeiro, 2000.

IPT/CEMPRE, *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*, São Paulo, IPT, 1995

JUCÁ, J.F.T, MARIANO, M.O.H & CAVALCANTI, R.C, *Estudos para uma Proposta de Gestão de Resíduos Sólidos no Estado de Pernambuco – Subsídios para Elaboração de uma Política Pública*, **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre, RS, 2000

_____, *Destinação Final dos Resíduos Sólidos no Brasil – Situação Atual e Perspectivas*, **10º SILUBESA**, Portugal, 2002

JORNAL do Comércio, *Recife Ganha Centro de Triagem de Lixo*, Caderno Ciências e Meio Ambiente, 2003. Disponível em: http://jc.uol.com.br/jornal/2003/11/09/not_71564.php . Acesso em: dez. 2003

_____, *Adesão à Coleta Seletiva é Baixa*, Caderno Ciências e Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <http://jc.uol.com.br> . Acesso em: 21 mai. 2004

KINNAMAM, T.C & FULLERTON, D, *The Economics of Residential Solid Waste Management*, NBER Working Paper Series, 1999

MACÊDO,A.P., *Gestão de Resíduos Sólidos Domiciliares : Uma Avaliação de Desempenho nos Municípios de Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes*, Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife,2003

MACIEL, F.J, *Viabilidade Econômico-financeira para Implantação de Aterros Sanitários com Aproveitamento Energético em Pernambuco*, 2002

MAIA, A.G., *Valoração de Recursos Ambientais*, Dissertação de Mestrado, UEC, Campinas, 2002

MAS-COLLEL, A., WHINSTON, M.D., GALEN, J.R, *Microeconomic Theory*, New York: Oxford University Press, 1995

MOTTA, S, R, RUITENBEEK, J & HUBER, R., *Uso de Instrumentos Econômicos na Gestão Ambiental da América Latina e Caribe: Lições e Recomendações*, Texto para Discussão no 440, IPEA, Rio de Janeiro, 1996

_____, & SAYAGO, D.E, *Propostas de Instrumentos Econômicos Ambientais para a Redução do Lixo Urbano e o Reaproveitamento de Sucatas no Brasil*, Textos para Discussão no 608, IPEA, Rio de Janeiro, 1998

_____, *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*, MMA, 1998

_____, ORTIZ R.O. & FERREIRA, S.F., *Avaliação Econômica dos Impactos Causados Pela Poluição Atmosférica na Saúde Humana: Um Estudo de Caso para São Paulo*, 1998, In: **III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, CD-Rom, Recife, 1999;

NOGUEIRA, J.M, MEDEIROS, M.A & ARRUDA, F.T., *Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?*, **Anais da 50ª Reunião Anual da SBPC**, 1998

OECD, *Applying Economic Instruments to Packaging Waste: Practical Issues for Product Charges and Deposit-Refund Systems*, Paris, 1993

OLIVEIRA, A.S.D., *Método para Viabilização da Implantação de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: O Caso do Município do Rio Grande – RS*, Tese de Doutorado, EPS-UFSC, Florianópolis – SC, 2002

PEIXOTO, R.T.G., *Composto Orgânico: Aplicações, Benefícios e Restrições de Uso, Horticultura Brasileira*, v.18, Suplemento Julho, 2000

PENIDO, J.H., *IBGE – Pesquisa Nacional sobre Saneamento Básico – PNSB –2000 – Avaliação dos Resultados pelo Consultor*, 2002. Disponível em: <http://www.resol.com.br> . Acesso em: 10 abr. 2003

PERREIRA NETO, JOÃO T., *Usinas de Compostagem de Lixo: Aspectos Técnicos Operacionais, Econômicos e de Saúde Pública*, Belo Horizonte, 2000

PGR- Procuradoria Geral da República, *Criança no Lixo Nunca Mais*, 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, Brasília, 1999

PHILLIPI JR., A., *Sistema de Resíduos Sólidos: Coleta e Transporte no Meio Urbano*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Saúde Ambiental – USP, São Paulo, 1979

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, *Caderno do Meio Ambiente: Reciclagem de Lixo Doméstico no Recife*, Recife, 1999

RENKOW, M. & RUBIN, A.R., *Does Municipal Solid Waste Composting Make Economic Sense?*, Journal of Environmental Management, 1998

RIBEIRO, F.L. *Avaliação contingente de danos ambientais: o caso do rio Meia Ponte em Goiânia*, Dissertação de Mestrado em Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

RIANI, F., *Economia do Setor Público: Uma Abordagem Introdutória*, Editora Atlas, 4ª Edição, São Paulo, 2002

ROUQUAYROL, M.Z., *Epidemiologia e Saúde*, MEDSI, Rio de Janeiro, 1993

SECTMA, *Política de Resíduos Sólidos de Pernambuco*, Recife, 2001

SECTMA, *Diagnóstico de Resíduos Sólidos de Pernambuco*, Recife, 2002

STAVINS, R.N., *Experience with Market-Based Environmental Policy Instruments*, Resources for the Future, 2000

VALVERDE, M. C., *Avaliação dos Métodos de Disposição Final de Resíduos Sólidos Domiciliares: O Caso das Usinas de Reciclagem com Compostagem do Município do Rio de Janeiro*, Dissertação de Mestrado, COPPE – UFRJ, Rio de Janeiro, 1995

VARIAN, H.R., *Microeconomia – Princípios Básicos*, Editora Campus, 2ª Edição Americana, 1994

_____, *Microeconomic Analysis*, Norton, Third Edition, 1992

VÉLEZ, D.F.V., *Uso do Método do Custo-Reposição para a Estimativa de Custos e Benefícios Ambientais do Tratamento de Esgotos por Lemnaceae*, Dissertação de Mestrado, UNB, Brasília, 2002

WARMER Newsletter, UK: *Worst in Europe on the Environment*, 2002. Disponível em: <http://www.resol.com.br> . Acesso em: 15 abr. 2003

WEB-RESOL, *Uso de Material Reciclado Resulta em Créditos de IPI*, 2004, Disponível em: <http://www.resol.com.br> . Acesso em: 26 mar. 2004

ZANON, U, *Riscos Infeciosos Imputados ao Lixo Hospitalar. Realidade Epidemiológica ou Ficção Sanitária?* Cia. de Desenvolvimento de Vitória, Vitória, 1995

APÊNDICE A

INVESTIMENTOS

Os agentes considerados neste estudo a fim de pôr em prática suas atividades têm de realizar alguns investimentos. Estes investimentos são diferenciados de acordo com o tipo de atividade a ser desenvolvida. Os custos de implantação que são necessários a uma indústria recicladora, por exemplo, são bem maiores que os custos de implantação de uma cooperativa de reciclagem. Deste modo, foi preciso determinar os investimentos necessários à implantação de cada um dos tipos de unidade considerada, os quais estão detalhados a seguir.

1 - Cooperativas

São organizações formadas por ex-catadores que se associam e passam a realizar a triagem dos materiais em galpões para separação e estocagem do material. A organização em cooperativas implica em melhores condições de trabalho, com uma maior organização, remuneração e, principalmente, condições de higiene.

Em geral, as cooperativas fazem uso de galpões de triagem para separação e estocagem de material. O *design* dos galpões é muito variável e muda de acordo com o esquema de separação dos materiais recicláveis. A atividade dos cooperados abrange três etapas:

- **Recebimento dos Recicláveis:** Deve ser prevista uma área específica para a estocagem dos materiais. No caso do plástico e do papel, é imprescindível que sejam armazenados em locais cobertos. O vidro pode ser estocado em tambores em locais a descoberto. Este também é o caso do aço e do alumínio.

- **Separação:** As cooperativas, geralmente, usam separação manual realizada por indivíduos treinados com o auxílio de esteiras transportadoras. O lixo reciclável é conduzido por esta esteira e separado de forma manual.
- **Prensagem e Enfardamento**

Para efeitos do presente estudo, considerou-se um galpão de triagem com espaço de armazenagem coberto e triagem realizada por esteiras, cujos itens de investimento são discriminados a seguir.

i. Infra-estrutura

Terreno: Como as cooperativas, geralmente, são formadas com auxílio da prefeitura, os terrenos são cedidos, motivo pelo qual não será considerado o investimento em terrenos.

Obras Civas: Será considerada a construção de um galpão industrial de 200m², com escritório, vestiário e sanitários. O valor do metro quadrado foi tomado com base no valor de mercado para construção de edificação de padrão médio.

$$\text{Obras Civas} = \text{R\$}250,00 \times 200 = \text{R\$}50.000$$

Instalações Elétricas: Compreende posteamento, transformador, quadro de proteção, fração de carga e iluminação. Para fins de cálculo, considerou-se um valor de 65% sobre o valor das obras civis, de acordo com outros projetos do gênero.

$$\text{Instalações Elétricas} = \text{R\$}50.000 \times 65\% = \text{R\$}32.500,00$$

Móveis e Utensílios: São necessários em uma cooperativa de catadores os seguintes móveis e utensílios:

Tabela A.1 – Móveis e Utensílios

Móveis	Qtde	Valor (R\$)
Cadeiras estofadas para escritório	3	270,00
Mesas com gavetas	2	400,00
Arquivo de aço com 4 gavetas	1	290,00
Computador com impressora	1	1.800,00
Linha telefônica comercial	1	70,00
TOTAL		2.830,00

O total dos gastos com Infra-estrutura encontra-se discriminado na tabela a seguir.

Tabela A.2 – Gastos com Infra-estrutura

Itens	Valor (R\$)
Terreno	
Obras Civis	50.000
Instalações Elétricas	32.500
Móveis e Utensílios	2.830,00
TOTAL	85.330,00

- ii. Máquinas e Equipamentos: A implantação de uma cooperativa de reciclagem requer a aquisição dos equipamentos discriminados na tabela a seguir, cujos preços foram obtidos no mercado.

Tabela A.3 – Máquinas e Equipamentos

Itens	Qtde	Valor (R\$)
Esteira Transportadora 2000mm, 220V, motor trifásico de 0,25hp, com	1	11.000,00
Prensa hidráulica horizontal, cap. 15 ton. e 1,5HP de potência	1	11.385,00
Balança eletrônica de 200 Kg	1	2.600,00
Kit EPI	20	365,60
Veículo popular	1	14.000,00
Container	1	1.300,00
TOTAL		40.650,60

- iii. Capital de Giro: A exemplo de outros projetos de cooperativas de reciclagem, considerou-se um valor de 10% sobre o valor da receita operacional.

$$\text{Capital de Giro} = \text{R\$ } 508.591,69 \times 10\% = \text{R\$ } 50.859,17$$

- iv. Despesas Pré-operacionais: Considerou-se um percentual de 5% sobre o valor dos demais investimentos para despesas eventuais pré-operação.

$$\text{Despesas Pré-operacionais} = \text{R\$}176.839,17 \times 5\% = \text{R\$}8.841,69$$

A seguir, apresenta-se uma tabela resumo dos investimentos necessários à implantação de uma cooperativa de reciclagem com capacidade de recebimento de 15 toneladas/dia, totalizando uma quantidade de 4.680 ton/ano.

Tabela A.4 – Investimentos

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Infra-estrutura	85.330,00
Máquinas e Equipamentos	40.650,60
Capital de Giro	50.859,17
Despesas pré-operacionais	8.841,69
TOTAL	185.681,46

Como o total estimado para ser tratado pelas cooperativas é de 186.429,40 toneladas por ano, estima-se, portanto, que é necessário investir cerca de **R\$7.396.685,51** para instalar cooperativas de catadores nas cidades do Recife e Jaboatão.

2 - Sucatas

Os sucateiros possuem uma atividade distinta daquelas realizadas nas cooperativas. Enquanto estas últimas executam algumas etapas do beneficiamento dos materiais, as primeiras atuam apenas como intermediários entre os catadores e as indústrias recicladoras.

Dependendo do tipo de material comercializado, a armazenagem exige local coberto. No caso dos ferros-velhos que armazenam materiais metálicos ferrosos, não é necessária a construção de galpões, visto que os materiais não precisam ser estocados em locais cobertos.

De acordo com o CEMPRE (2000) a oxidação da camada externa do metal serve como proteção anti-corrosão para as camadas mais internas, sendo benéfica ao processo de reciclagem. Do mesmo modo podem ficar a descoberto o alumínio e embalagens longa-vida. Daí porque é tão comum que os ferros-velhos, muitas vezes, nem tenham galpão para armazenar o material e seu investimento seja restrito apenas ao terreno onde fica estocado o material e a um pequeno escritório administrativo. O vidro estocado em tambores e engradados também pode ser armazenado a descoberto.

No caso do papel e do plástico já é necessário um maior cuidado no armazenamento. O papel, além de ser um material facilmente inflamável, absorve também muita água. Desta forma, o papel deve ser armazenado em local coberto para evitar a absorção da água, pois caso contrário, seria necessário secar o material para a venda, acarretando custos extras. No caso do plástico, além da inflamabilidade e da absorção da água, o armazenamento a descoberto pode causar degradação e rachaduras nos materiais provocadas pela ação dos raios solares.

Para fins do presente estudo considerar-se-á uma empresa sediada em um galpão industrial. A seguir, apresentam-se os investimentos necessários à implantação.

i. Infra-estrutura

Terreno: Considerou-se a compra de um terreno de 10x20m no valor de mercado de R\$15.000,00.

Terreno = R\$15.000,00

Obras Civas: Como existem materiais que não podem ser estocados a descoberto, supõe-se a empresa instalada em um galpão industrial abrangendo todo o terreno, a exemplo de grande parte dos depósitos e ferros-velhos sediados na cidade do Recife. Considerou-se um valor de mercado de R\$250,00 o metro quadrado constituído de escritório, sanitário e locais de armazenagem.

$$\text{Obras Civas} = \text{R\$}250,00 \times 200 = \text{R\$}50.000,00$$

Instalações Elétricas: Compreendem posteamento, transformador, quadro de proteção, fração de carga e iluminação. Para fins de cálculo, considerou-se um valor de 65% sobre o valor das obras civis, de acordo com outros projetos do gênero.

$$\text{Instalações Elétricas} = \text{R\$}50.000,00 \times 65\% = \text{R\$}32.500,00$$

Móveis e Utensílios: Os móveis e utensílios necessários à implantação de sucatas são os mesmos usados nas cooperativas.

Tabela A.5 – Móveis e Utensílios

<i>Móveis</i>	<i>Qtde</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Cadeiras estofadas para escritório	3	270,00
Mesas com gavetas	2	400,00
Arquivo de aço com 4 gavetas	1	290,00
Computador com impressora	1	1.800,00
Linha telefônica comercial	1	70,00
TOTAL		2.830,00

O total dos gastos com Infra-estrutura encontra-se discriminado na tabela a seguir.

Tabela A.6 – Gastos com Infra-estrutura

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Terreno	15.000
Obras Civas	50.000
Instalações Elétricas	32.500
Móveis e Utensílios	2830,00
TOTAL	100.330,00

- ii. Máquinas e Equipamentos: Como os sucateiros só atuam como atravessadores, não precisam dispor de máquinas e equipamentos, à exceção do item veículos onde será considerada a compra de um caminhão baú.

$$\text{Máquinas e Equipamentos} = \text{R\$40.000,00}$$

- iii. Capital de Giro: A exemplo de outros projetos de cooperativas de reciclagem considerou-se um valor de 10% sobre o valor da receita operacional.

$$\text{Capital de Giro} = \text{R\$1.418.790,5} \times 10\% = \text{R\$141.879,05}$$

- iv. Despesas Pré-operacionais: Considerou-se um percentual de 5% sobre valor dos demais investimentos para despesas eventuais pré-operação.

$$\text{Despesas Pré-operacionais} = \text{R\$2.822.090,50} \times 5\% = \text{R\$141.104,53}$$

A seguir, apresenta-se uma tabela resumo dos investimentos necessários à implantação de um comércio de sucatas com capacidade diária de 15 toneladas.

Tabela A.7 – Investimentos

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Infra-estrutura	100.330,00
Máquinas e Equipamentos	40.000,00
Capital de Giro	141.879,05
Despesas pré-operacionais	141.104,53
TOTAL	423.313,58

Como potencialmente, ao final do horizonte estimado, os sucateiros terão capacidade para reciclar 126.521,50 toneladas, será necessário um investimento total de cerca de R\$11.444.074,40 em comércios de sucatas nas cidades do Recife e Jaboatão dos Guararapes.

3 - Indústrias Recicladoras

Na hipótese considerada, admitiu-se que só existiriam indústrias recicladoras específicas de plástico e alumínio, além de unidades de compostagem. A reciclagem dos outros materiais seria realizada nas próprias indústrias. Na etapa de análise de sensibilidade serão consideradas outras hipóteses em que se considerarão outros tipos de indústrias recicladoras.

3.1 - Plástico

A indústria dimensionada para fins deste estudo terá uma capacidade de processamento de 1.050t/ano. Esta é uma das indústrias de maior crescimento no Brasil nos últimos anos.

Existem três tipos de reciclagem de plástico: a mecânica que consiste na reutilização de resíduos para a obtenção de outro artefato; a primária ou direta no caso de reprocessamento de resíduos industriais feitos, em geral, pela própria fábrica, e a reciclagem de resíduos urbanos ou agrícolas pós-consumidos, necessitando de operações adicionais à recuperação primária. Este último será o tipo de reciclagem a ser realizado pela indústria. O processo consta das seguintes etapas que são indiferentes aos tipos de plásticos que estão sendo reciclados:

- **Estocagem**
- **Separação:** Pode ser por densidade ou manual. A separação por densidade é um método considerado prático e eficiente, embora sua utilização seja recomendada em situações aonde não venha a se tornar um gargalo na produção. De acordo com o CEMPRE (1998), no caso da separação de PEAD, PEDB, PP e PEBDL o método é utilizado com muita

freqüência, uma vez que estes são menos densos que a água pura, tornando baixo o custo do processo. Quando for o caso de resíduos plásticos rígidos como PE, PP, PS, PVC, PET, ABS, os operários fazem uma separação manual. Os materiais separados são transferidos a um box para o processamento.

- **Moagem dos Resíduos:** Uma vez separados, os resíduos são levados a um moinho de facas para fragmentar em partes menores.
- **Lavagem dos Fragmentos:** Após fragmentados, os resíduos são transferidos para um tanque com água para uma pré-lavagem, sendo em seguida conduzidos a uma lavadora, retirando os contaminantes e a água dos resíduos.
- **Secagem dos fragmentos:** Após lavados, os fragmentos são transportados a uma secadora para retirar o máximo de água.
- **Aglutinação:** O aglutinador é um equipamento formado por cilindro constituído por uma hélice de facas e tem como função a retirada por atrito dos resquícios de umidade.
- **Extrusão:** A extrusora funde e torna os resíduos homogêneos, além de filtrar e reter impurezas residuais através de telas de aço inoxidável.

A partir do perfil descrito, estimam-se a seguir os investimentos necessários para este tipo de indústria.

i. Infra-estrutura

Terreno: Considerou-se a compra de um terreno de 1.500m² no valor de mercado de R\$80.000,00 o hectare.

$$\text{Terreno} = 0,15 \times \text{R\$80.000,00} = \text{R\$12.000,00}$$

Obras Civas: A indústria será sediada em um galpão industrial de 600m² com escritório, vestiário e sanitários, a um valor de R\$250,00 o metro quadrado, mais um galpão de 400m² para armazenamento de sucata a R\$100,00 o metro quadrado.

$$\text{Obras Civas} = 600,00 \times \text{R\$}250,00 + 400 \times \text{R\$}100,00 = \text{R\$}190.000,00$$

Instalações Elétricas: Compreendem posteamento, transformador, quadro de proteção, fração de carga e iluminação. Para fins de cálculo, considerou-se um valor de 65% sobre o valor das obras civis, de acordo com outros projetos do gênero.

$$\text{Instalações Elétricas} = \text{R\$}190.000 \times 65\% = \text{R\$}123.500,00$$

Móveis e Utensílios: Os móveis e utensílios necessários à implantação de uma recicladora de plástico são os mesmos usados nas cooperativas.

O total dos gastos com Infra-estrutura encontra-se discriminado na tabela a seguir.

Tabela A.8 – Gastos com Infra-estrutura	
Itens	Valor (R\$)
Terreno	12.000,00
Obras Civas	190.000,00
Instalações Elétricas	123.500,00
Móveis e Utensílios	2.830,00
TOTAL	328.330,00

- ii. **Máquinas e Equipamentos:** Para o beneficiamento do plástico são necessários os seguintes equipamentos:

Tabela A.9 – Máquinas e Equipamentos

<i>Itens</i>	<i>Qtde</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Moinho de facas, 50HP	1	22.900,00
Lavadora, 20HP	1	15.000,00
Secadora, 20HP	1	24.800,00
Aglutinador, 50 HP	1	11.000,00
Extrusora, diâmetro de rosca de 90mm, 60HP	1	145.000,00
Veículo (1 popular, 1 caminhão)	2	54.000,00
Balança Eletrônica – 200kg	1	2.600,00
TOTAL		275.300,00

- iii. Capital de Giro: A exemplo de outros projetos de unidades de reciclagem considerou-se um valor de 10% sobre o valor da receita operacional.

$$\text{Capital de Giro} = R\$420.000 \times 10\% = \text{R\$42.000,00}$$

- iv. Despesas Pré-operacionais: Considerou-se um percentual de 5% sobre o valor dos demais investimentos para despesas eventuais pré-operação.

$$\text{Despesas Pré-operacionais} = R\$645.630,00 \times 5\% = \text{R\$32.281,50}$$

A seguir, apresenta-se uma tabela resumo dos investimentos necessários à implantação de uma indústria de reciclagem de plástico com capacidade anual de 1.050 toneladas.

Tabela A.10 – Investimentos

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Infra-estrutura	328.330,00
Máquinas e Equipamentos	275.300,00
Capital de Giro	42.000,00
Despesas pré-operacionais	32.281,50
TOTAL	677.911,50

Considerando que ao final do horizonte de planejamento poderiam ser recicladas 63.766,83 toneladas de plástico, seriam necessários investimentos de R\$ 41.352.601,50 em indústrias de reciclagem de plástico.

3.2 - Alumínio

A implantação de uma indústria de reciclagem de alumínio é bem mais complexa do que a da indústria de plásticos. Requer instalações e equipamentos mais sofisticados que as outras modalidades. Apresenta-se a seguir a estimativa de implantação de uma unidade com capacidade de tratamento de 3.000 toneladas anuais.

- i. Estudos, Projetos e Tecnologia: Devido à complexidade da unidade a ser implantada, deve-se considerar um valor de 2% dos investimentos em terreno, obras civis, instalações, equipamentos, móveis, utensílios e veículos para destinar a gastos com projetos e tecnologia.

$$\textbf{Estudos, Projetos e Tecnologia} = \text{R\$}2.130.500,00 \times 2\% = \textbf{R\$42.610,00}$$

- ii. Terreno: Para o terreno de 12.000 m² estimou-se um valor de R\$80.000,00 o hectare.

Assim:

$$\textbf{Terreno} = 1,2 \times \text{R\$}80.000,00 = \textbf{R\$96.000,00}$$

- iii. Obras, Instalações e Outros: O valor para este item foi obtido a partir do quadro a seguir, cujos valores foram previamente definidos.

Tabela A.11 - Obras e Instalações

<i>ITENS</i>	<i>Quantid.</i>	<i>V. Unit. (R\$/m2)</i>	<i>Total</i>
Obras			
Prédio Ind. com 1250m2 de área coberta	1250	250,00	312.500,00
Pátio de recepção e escolha das sucatas	1000	230,00	230.000,00
Instalações			
Baghouse	1	250.000,00	250.000,00
Instalações de gás natural e oxigênio	1	10.000,00	10.000,00
Instalações de água, ar e energia	1	10.000,00	10.000,00
Vestiários, refeitório, portaria, laboratório	1	20.000,00	20.000,00
Administração	1	5.000,00	5.000,00
TOTAL			837.500,00

iv. Equipamentos: O valor para este item foi obtido a partir do quadro a seguir.

Tabela A.12 - Equipamentos

<i>Itens</i>	<i>Qtde.</i>	<i>V. Unit</i>	<i>Total</i>
Forno de fusão (06ton) com carregadeira	1	369.000,00	369.000,00
Forno de espera tipo barril com 06t de capacidade	1	168.000,00	168.000,00
Linha de tratamento de sucatas	1	200.000,00	100.000,00
Carrossel de lingoteiras automático	1	201.600,00	201.600,00
Prensa de sucata tipo jacaré	2	14.000,00	28.000,00
Panela de transporte de metal líquido	3	14.000,00	42.000,00
Britador e peneiras rotativas para escória solta	1	50.400,00	50.400,00
Quantômetro	1	42.000,00	42.000,00
Balança Rodoviária	1	168.000,00	168.000,00
TOTAL			1.169.000,00

v. Capital de Giro: A exemplo dos demais orçamentos considerou-se um valor de 10% da receita operacional.

$$\text{Capital de Giro} = \text{R\$}8.856.504,84 \times 10\% = \text{R\$}885.660,48$$

vi. Veículos, Móveis e Utensílios: A estimativa para a aquisição de um sistema de computação, duas empilhadeiras, um caminhão e móveis foi de

$$\text{Veículos, Móveis e Utensílios} = \text{R\$}68.000.$$

- vii. Despesas Pré-operacionais: Considerou-se um percentual de 5% sobre o total de investimentos fixos.

$$\text{Despesas} = \text{R\$}2.213.110,00 \times 5\% = \text{R\$}110.655,50$$

Apresentam-se na tabela a seguir os investimentos necessários à implantação de uma recicladora de alumínio.

Tabela A.13 – Investimentos

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Projetos	42.610,00
Terreno	96.000,00
Obras e instalações	837.500,00
Equipamentos	1.169.000,00
Veículos	68.000,00
Capital de Giro	885.660,48
Despesas pré-operacionais	110.655,00
TOTAL	3.212.425,48

3.3 - Matéria Orgânica

A compostagem é uma das práticas de reciclagem mais antigas de que se tem conhecimento e vem sendo aplicada já há alguns séculos, principalmente na China. Consiste de uma técnica relativamente simples, podendo ser realizada por qualquer estrato da sociedade.

“A transformação dos resíduos ocorre, principalmente através da ação de organismos, podendo ser subdividida em duas etapas: física (desintegração) e química (decomposição). A primeira diz respeito à quebra mecânica dos resíduos e, na última, os resíduos são primeiro decompostos em suas unidades estruturais básicas por enzimas extracelulares e, posteriormente, absorvidas e oxidadas pelos microorganismos, a fim de obterem energia e nutrientes inorgânicos para o seu desenvolvimento, com conseqüente transformação da biomassa (PEIXOTO, pg56, 2000).”

A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer na presença do oxigênio (aeróbia) ou em sua ausência (anaeróbia). A compostagem é o processo de decomposição anaeróbia. Neste caso a ação dos microorganismos dependem da ocorrência de condições favoráveis como temperatura, aeração, PH, compostos orgânicos existentes e tipos de nutrientes disponíveis.

A aeração é um dos fatores mais importantes para uma correta decomposição, pois permite a absorção de oxigênio pelos microorganismos decompositores e a retirada de gás carbônico produzidos. A falta de ar proporciona o desenvolvimento de organismos anaeróbios e uma decomposição mais lenta. A aeração é diretamente afetada pelo tamanho das pilhas, teor de umidade e natureza do material e número de reviramentos.

Peixoto (2000) destaca quatro tipos principais de métodos que favorecem a aeração: a montagem de pilhas sobre pedaços de madeira, a utilização de tubos respiratórios, o reviramento contínuo e a aeração forçada. Neste estudo, considera-se que a compostagem é baseada no Processo de Compostagem por Reviramento, versão LESA (Leiras Estáticas Aeradas), desenvolvido pelo LESA (Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental) da Universidade Federal de Viçosa em Minas Gerais. Esta metodologia já foi aplicada na CEASA do Recife, experimentalmente, durante algum tempo. Esta é uma tecnologia de baixo custo, grande simplicidade operacional e grande eficácia. Consiste na disposição de compostos e misturas em fileiras no formato de pirâmides (leiras) reviradas periodicamente por um trator.

Considerar-se-á uma unidade com capacidade de recebimento de 30 toneladas diárias. O processo é simples e composto das seguintes etapas:

- Montar leiras de compostagem (montes de matéria orgânica dispostas de forma prismática com seção reta triangular com 1,70m de altura e 4m de base).

- O ciclo de reviramento mecânico deve ser efetuado a cada três dias nos primeiros quarenta dias. Após este período, o reviramento é realizado a cada cinco dias durante um mês. Nesta fase, o material deve apresentar temperaturas maiores que 40°C.
- Cobrir as leiras com uma camada (30 a 50mm) de composto maturado, nos primeiros dez dias com o intuito de evitar a emissão de odores e a atração de vetores como mosquitos, moscas, etc.
- Na fase de maturação, que pode durar de 1 a 2 meses, as leiras podem permanecer empilhadas, não é mais necessário revirá-las.
- Após esta fase, o material é peneirado e está pronto para ser utilizado.

Apresentam-se a seguir os investimentos necessários a esta unidade.

i. Infra-estrutura

Terreno: Considerou-se a compra de um terreno de 3ha no valor de mercado de R\$80.000,00 o hectare.

$$\text{Terreno} = 3 \times \text{R\$80.000,00} = \text{R\$240.000,00}$$

Obras Civas: As obras civis necessárias para a implantação de uma unidade de compostagem um prédio administrativo de 70m², um depósito de ferramentas de 100m² e outros para estocagem de material já reciclado de 200m², totalizam 370m² de área construída a um preço de R\$250,00 o metro quadrado do prédio administrativo e R\$100,00 por metro quadrado dos depósitos.

$$\text{Obras Civas} = 70,00 \times \text{R\$250,00} + 300 \times \text{R\$100,00} = \text{R\$47.500,00}$$

Instalações Elétricas: Compreendem posteamento, transformador, quadro de proteção, fração de carga e iluminação. Para fins de cálculo, considerou-se um valor de 65% sobre o valor das obras civis, de acordo com outros projetos do gênero.

$$\text{Instalações Elétricas} = \text{R\$}47.500 \times 65\% = \text{R\$}30.875,00$$

Móveis e Utensílios: Os móveis e utensílios necessários à implantação de uma unidade de compostagem são os mesmos usados nos demais empreendimentos.

O total dos gastos com Infra-estrutura a encontram-se discriminados na tabela a seguir.

Tabela A.14 – Gastos com Infra-estrutura

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Terreno	240.000,00
Obras Civis	47.500,00
Instalações Elétricas	30.875,00
Móveis e Utensílios	2.830,00
TOTAL	321.205,00

- ii. Máquinas e Equipamentos: Para a transformação da matéria orgânica em composto são necessários os seguintes equipamentos:

Tabela A.15 – Máquinas e Equipamentos

<i>Itens</i>	<i>Qtde</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Carretas de Transporte com Rodas de Pneu	6	24.000,00
Conjunto trator + Pá carregadeira	1	150.000,00
Carrinho de mão	45	2.610,00
Pá Quadrada	60	540,00
Enxada	60	540,00
Tambor de 200l	30	3.000,00
Balde de 20l	30	1.050,00
Mangueira de 50m	15	1.200,00
Peneira Eletromecânica	3	50.700,00
TOTAL		233.640,00

- iii. Capital de Giro: A exemplo de outros projetos de unidades de reciclagem considerou-se um valor de 10% sobre o valor da receita operacional.

$$\text{Capital de Giro} = \text{R\$}842.400,00 \times 10\% = \text{R\$}84.240,00$$

- iv. Despesas Pré-operacionais: Considerou-se um percentual de 5% sobre valor dos demais investimentos para despesas eventuais pré-operação.

$$\text{Despesas Pré-operacionais} = \text{R\$}639.085,00 \times 5\% = \text{R\$}31.954,25$$

A seguir, apresenta-se uma tabela resumo dos investimentos necessários à implantação de uma unidade de compostagem com capacidade anual de 9.360 toneladas.

Tabela A.16 – Investimentos

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Infra-estrutura	321.205,00
Máquinas e Equipamentos	233.640,00
Capital de Giro	84.240,00
Despesas pré-operacionais	31.954,25
TOTAL	671.039,25

Como é necessário o tratamento de 637.668 toneladas de matéria orgânica ao final do horizonte de estudo, estima-se que é necessário um investimento de cerca de R\$45.630.669,00 em usinas de compostagem, a fim de que todo o material orgânico da cidade do Recife possa ser tratado.

4 - Indústrias

Alternativamente às indústrias recicladoras, algumas indústrias fazem o beneficiamento dos materiais em suas próprias instalações. Considerou-se na presente hipótese que as indústrias de vidro, papel, plástico e aço reciclavam o material. De acordo

com informações fornecidas por indústrias sediadas na própria cidade do Recife, discriminam-se a seguir os investimentos necessários para implantar mini-usinas de beneficiamento na própria indústria.

4.1 - Aço

No caso do aço, existem três empresas no Brasil que efetuam a reciclagem. Entrou-se em contato com todas elas a fim de determinar os investimentos necessários à reciclagem do aço, entretanto todas foram unânimes em afirmar que o processo de reciclagem do aço é muito mais complexo do que qualquer outro e requer um investimento muito alto. Enquanto em outros modos de reciclagem existe uma relativa facilidade de moldar o processo aos diferentes tipos de segmentos das indústrias, o mesmo não ocorre com o aço. Seus investimentos dependem do segmento da siderúrgica e do aço a ser produzido. A título de exemplificação, de acordo com a informação de técnicos da Metalic (empresa que comercializa juntamente com uma rede de sucateiros material para ser entregue a GERDAU), como a GERDAU existe no mercado a Belgo Mineira que utiliza um processo totalmente diferente da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional.

Em contato com um técnico da GERDAU, este afirmou que o nível de investimento necessário à produção do aço é muito elevado e o processo adotado por eles utiliza um forno elétrico que demanda muita energia e é preciso um projeto específico para cada indústria, de modo que é impossível fazer uma generalização dos investimentos necessários, uma vez que cada caso é único.

Entretanto, considerando-se os preços dos fornos utilizados nos processamento do alumínio e sabendo-se que com algumas modificações no projeto já houve especialistas em alumínio que procuraram realizar parcerias com indústrias de aço a fim de reciclar o material,

pode-se inferir que, para fins de estimativa do presente estudo, aumentado o valor dos fornos e excluindo os gastos com terreno e algumas instalações já existentes na empresa, chega-se a um valor relativamente similar para a reciclagem de aço. Assim, considerando que o valor dos investimentos para reciclar 3.000 toneladas anuais de aço sejam da ordem de R\$3.300.000,00, para beneficiar cerca de 27.000 toneladas anuais, seriam necessários investimentos similares ou superiores a **R\$29.700.000,00**.

4.2 - Papel

Os investimentos variam de acordo com a capacidade de produção da empresa e o tipo de papel a ser fabricado. Para uma fábrica cuja usina de beneficiamento seja projetada de modo a ter uma capacidade máxima de produção de 690ton/mês, o nível de investimentos necessários seria da ordem de R\$15.000.000,00. Deste modo para que todo o papel reciclável presente no lixo urbano das cidades do Recife e Jaboatão dos Guararapes fosse efetivamente reciclado, seria necessário um investimento da ordem de **R\$225.000.000,00**.

4.3 - Vidro

Considerar-se-á, no caso do vidro, a implantação de uma mini-usina de beneficiamento com capacidade de 32ton/dia, ou seja, 9.985 toneladas anuais. Para tanto, são necessários os seguintes investimentos:

i. Infra-estrutura

Terreno: Como a mini-usina será dentro da própria indústria, considera-se que eles já possuem um terreno adequado para esta atividade.

Obras Civas: Será necessária a construção de um galpão de 220 m² a um valor de R\$250,00 o metro quadrado e um tanque de lavagem de 1,5m x 2,0 x 1,0m a um valor de R\$3.100,00.

$$\text{Obras Civas} = 220 \times \text{R\$250,00} = \text{R\$55.000,00}$$

Instalações Elétricas: Compreendem posteamento, transformador, quadro de proteção, fração de carga e iluminação. Para fins de cálculo, considerou-se um valor de 65% sobre o valor das obras civis, de acordo com outros projetos do gênero.

$$\text{Instalações Elétricas} = \text{R\$55.500} \times 65\% = \text{R\$36.075,00}$$

Móveis e Utensílios: Não será necessária a compra de novos móveis.

O total dos gastos com Infra-estrutura encontra-se discriminados na tabela a seguir.

Tabela A.17 – Gastos com Infra-estrutura

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Obras Civas	55.500,00
Instalações Elétricas	36.075,00
TOTAL	91.575,00

- ii. Máquinas e Equipamentos: Para a transformação do caco de vidro são necessários os seguintes equipamentos:

Tabela A.18 – Máquinas e Equipamentos

<i>Itens</i>	<i>Qtde</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Moinho tritura dor com funil de alimentação	1	3.780,00
Esteira transportadora	2	12.000,00
Eletroímã	1	40.000,00
Tambor motorizado	1	50.400,00
Tambor de rejeito de 200l	4	12.000,00
TOTAL		118.180,00

- iii. Capital de Giro: Admitiu-se para fins do cálculo do capital de giro, o financiamento da compra de matéria-prima durante dois meses. Considerando que são adquiridas 832 toneladas mensais, sendo que 5% são adquiridas diretamente com catadores a um valor de R\$80,00 a tonelada, 40% pelos sucateiros a um valor de R\$110,00, 50% pelas cooperativas a R\$100,00 a tonelada e o restante de doações, tem-se, que:

$$\text{Capital de Giro} = (41,6 \times R\$80 + 332,80 \times R\$110,00 + 416 \times R\$100,00) \times 2 = \text{R\$163.072,00}$$

- iv. Despesas Pré-operacionais: Considerou-se um percentual de 5% sobre valor dos demais investimentos para despesas eventuais pré-operação.

$$\text{Despesas Pré-operacionais} = R\$372.827,00 \times 5\% = \text{R\$18.641,35}$$

A seguir, apresenta-se uma tabela resumo dos investimentos necessários à implantação de uma indústria de reciclagem de vidro com capacidade anual de 9.985 toneladas.

Tabela A.19 – Investimentos

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Infra-estrutura	91.575,00
Máquinas e Equipamentos	118.180,00
Capital de Giro	163.072,00
Despesas pré-operacionais	18.641,35
TOTAL	391.468,35

Como é necessário o tratamento de 50.608,60 toneladas de vidro ao final do horizonte de estudo, estima-se que é necessário um investimento de cerca de R\$1.957.341,75 em usinas de beneficiamento de vidro a fim de que todo o material orgânico da cidade do Recife possa ser tratado.

4.4 - Plástico

Considerou-se nesta hipótese que as próprias indústrias de transformação reciclariam 10% do material disposto no lixo urbano. Assim considerou-se que, para implantar uma usina com capacidade máxima de 1.050 toneladas anuais, seriam necessários os seguintes investimentos.

i. Infra-estrutura

Terreno: Considerou-se que na indústria já existe espaço para montagem da planta de beneficiamento.

Obras Cíveis: A indústria será sediada em um galpão industrial de 200m² a um valor de R\$250,00 o metro quadrado, mais um galpão de 400m² para armazenamento de sucata a R\$100,00 o metro quadrado.

$$\text{Obras Cíveis} = 200,00 \times \text{R\$}250,00 + 400 \times \text{R\$}100,00 = \text{R\$}90.000,00$$

Instalações Elétricas: Compreendem posteamento, transformador, quadro de proteção, fração de carga e iluminação. Para fins de cálculo, considerou-se um valor de 65% sobre o valor das obras civis, de acordo com outros projetos do gênero.

$$\text{Instalações Elétricas} = \text{R\$}90.000 \times 65\% = \text{R\$}58.500,00$$

Móveis e Utensílios: Os móveis e utensílios já existem na indústria.

O total dos gastos com Infra-estrutura encontra-se discriminado na tabela a seguir.

Tabela A.20 – Gastos com Infra-estrutura

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Obras Civis	90.000,00
Instalações Elétricas	58.500,00
TOTAL	148.500,00

- ii. Máquinas e Equipamentos: Para o beneficiamento do plástico são necessários os seguintes equipamentos:

Tabela A.21 – Máquinas e Equipamentos

<i>Itens</i>	<i>Qtde</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Moinho de facas, 50HP	1	22.900,00
Lavadora, 20HP	1	15.000,00
Secadora, 20HP	1	24.800,00
Aglutinador, 50 HP	1	11.000,00
Extrusora, diâmetro de rosca de 90mm, 60HP	1	145.000,00
Balança Eletrônica – 200kg	1	2.600,00
TOTAL		221.300,00

- iii. Capital de Giro: A exemplo de outros projetos, considerou-se o financiamento de matéria-prima por dois meses.

$$\text{Capital de Giro} = \text{R\$}2.340,00 \times 2 = \text{R\$}4.680,00$$

- iv. Despesas Pré-operacionais: Considerou-se um percentual de 5% sobre valor dos demais investimentos para despesas eventuais pré-operação.

$$\text{Despesas Pré-operacionais} = \text{R\$ } 374.480,00 \times 5\% = \text{R\$18.724,00}$$

A seguir, apresenta-se uma tabela resumo dos investimentos necessários à implantação de uma planta de beneficiamento de plástico na própria indústria com capacidade anual de 1.050 toneladas.

Tabela A.22 – Investimentos

<i>Itens</i>	<i>Valor (R\$)</i>
Infra-estrutura	148.500,00
Máquinas e Equipamentos	221.300,00
Capital de Giro	4.680,00
Despesas pré-operacionais	18.724,00
TOTAL	393.204,00

Considerando que ao final do horizonte de planejamento poderiam ser recicladas 4.428,25 toneladas de plástico, seriam necessários investimentos de **R\$1.572.816,00** em plantas de reciclagem de plástico.

NOTAS

ⁱ Destinação de resíduos em terrenos baldios, utilizando as depressões naturais, sem qualquer tipo de controle. Ainda é um dos processos mais utilizados na maioria das cidades brasileiras. É um método primário, que se limita, simplesmente, a deslocar os resíduos de um local para outro. A utilização deste tipo de solução cria, em torno dos locais escolhidos, comunidades de pessoas marginalizadas do ponto de vista sanitário e social. Segundo a ONU, entre 1% e 2% das populações urbanas dos países em desenvolvimento sustentam-se, direta ou indiretamente, de resíduos oriundos de classes sociais mais abastadas. Também este tipo de disposição final facilita a proliferação de vetores (ratos, baratas, etc...).

ⁱⁱ De acordo com a NBR 8.419 de 1984, o aterro sanitário é uma forma de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia (compactação) para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se for necessário. A NBR 8149 prevê ainda algumas especificações acerca dos sistemas de drenagem superficiais, de drenagem e remoção dos percolados, de tratamento do percolado e de drenagem do gás.

ⁱⁱⁱ Consiste na queima do lixo em incineradores, alcançando uma redução de até 90% do volume dos resíduos e cerca de 75% de redução no peso. Esta redução é obtida por ser a queima realizada por combustão controlada. Ocorre uma destruição térmica, com redução de peso e volume. Como consequência, há eliminação da matéria orgânica e redução das características patogênicas dos resíduos e a geração de gases e escórias. A incineração é, portanto, um processo de engenharia que emprega decomposição térmica, via oxidação térmica a alta temperatura (usualmente 900° C ou maior), para destruir a fração orgânica do resíduo e reduzir volume.

^{iv} Consiste na reutilização ou recuperação de materiais descartados, para servir como matéria-prima para outros produtos. Caso não fossem reutilizados, estes materiais seriam considerados como lixo. A reciclagem vem sendo adotada em diversos municípios brasileiros como uma das alternativas para redução de volume e periculosidade dos resíduos. Além de possibilitar o reaproveitamento dos materiais, a reciclagem contribui ainda para a economia de matéria-prima primária, uma vez que é uma fonte de matéria-prima secundária, na fabricação de novos produtos.

^v A NBR 10.004 (ABNT,1987) classifica os resíduos com relação aos riscos potenciais ao meio ambiente. Para tanto, divide os mesmos em três classes: Classe I (Perigosos), Classe II (Não Inertes) e Classe III (Inertes). A Classe I é a dos Resíduos Perigosos e refere-se àquele tipo de resíduo que apresenta algum risco à saúde pública ou ao meio ambiente, quando manuseado ou disposto de forma inadequada. Para ser classificado como tal, o resíduo deve possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

^{vi} A NBR 12.980 (1993) define a coleta domiciliar como a coleta de resíduos gerados em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, públicos e de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente. O serviço de coleta pode ser regular ou especial. A coleta regular é aquela realizada em intervalos de tempo determinados. Na coleta especial são removidos entulhos, animais mortos, podas de jardim, não recolhidos pela coleta regular. São passíveis ainda de coleta especial os resíduos de saúde e aqueles que decorrem da varrição de equipamentos públicos, feiras e praias. A regularidade e a dimensão do serviço de coleta domiciliar regular dependem basicamente dos recursos disponíveis de serem utilizados com equipamentos, pessoal e execução dos trabalhos. A frequência da coleta deve ser estipulada a partir do pressuposto de que toda a população urbana deve ser atendida. A coleta diária é a frequência ideal para o usuário sob o ponto de vista sanitário e social. É adotada geralmente em áreas centrais de comércio e pontos de turismo. A frequência ideal para o sistema, em termos de economia de custos, é a coleta três vezes por semana. A quantidade mínima de dias para coleta é de duas vezes por semana, por questões sanitárias, uma vez que o acúmulo de resíduos provoca a proliferação de vetores causadores de doenças.

^{vii} Segundo a NBR 8.849 de 1985, um aterro controlado é a forma de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. O aterro controlado assemelha-se ao aterro sanitário, porém não dispõe de alguns diferenciais como a impermeabilização de base, os sistemas de tratamento de chorume e de dispersão de gases. A ausência da impermeabilização de base pode colocar em risco a qualidade das águas subterrâneas. Desta forma, considera-se esta como uma técnica mais vulnerável que a do aterro sanitário.

^{viii} A compostagem pode ser definida como um processo natural, onde ocorre a reciclagem da fração orgânica do lixo. Ocorre um processo biológico, aeróbico e controlado de transformação da matéria orgânica em húmus. Esta transformação é efetuada por microorganismos e compreende duas fases distintas: degradação ativa e maturação, onde é obtido o composto orgânico (PEREIRA NETO, 2000). Renkow & Rubin (1998) acrescentam que este processo aumenta a taxa biológica de decomposição dos materiais orgânicos. Segundo os autores, na transformação por microorganismos citada por Pereira Neto (2000), ocorre uma modificação da matéria orgânica, a qual é decomposta em dióxido de carbono, água, minerais e material orgânico estabilizado. O dióxido de carbono e a água são lançados à atmosfera, enquanto os minerais e o material orgânico são convertidos em um material reutilizável, denominado composto.

^{ix} O sistema de coleta seletiva é parte integrante do processo de reciclagem e, quando bem planejado, ajuda a aumentar a sua eficiência. A coleta seletiva pode ser realizada porta-a-porta, como o procedimento clássico de coleta normal de lixo, com a diferença de que os moradores colocam os resíduos nas calçadas em containeres distintos para cada tipo de material; voluntariamente, no caso do lixo ser depositado em coletores fixos e em postos de recebimento, pelos próprios moradores, ou com a participação de catadores. Este sistema de coleta pode trazer uma série de vantagens ambientais e sociais, pois é uma atividade que gera empregos diretos e indiretos, promove a melhoria das condições ambientais e de saúde dos municípios, ajuda a reduzir os custos com destinação final, aumenta a vida útil dos aterros, além de diminuir os gastos gerais com limpeza pública e remediação de áreas degradadas. Sua prática, então, pode ser considerada de fundamental importância no processo de gerenciamento dos resíduos.

^x Baseado em Varian (1992), Varian (1997), Riani (2002), Mas-Collel (1995)

^{xi} Alocação onde não há como fazer com que todas as pessoas envolvidas melhorem ou não há como fazer com que um indivíduo melhore sem piorar o outro ou todos os ganhos do comércio foram exauridos ou ainda que não há trocas mutuamente vantajosas para serem efetuadas.

^{xii} O Primeiro Teorema da Economia do Bem-Estar afirma que uma alocação de equilíbrio alcançada por um conjunto de mercados competitivos é necessariamente eficiente de Pareto. O Segundo Teorema da Economia do Bem-Estar afirma que se todos os agentes possuem preferências convexas, então sempre haverá um conjunto de preços tal que cada alocação eficiente de Pareto é um equilíbrio de mercado para uma distribuição apropriada de dotações.

^{xiii} Os bens públicos são aqueles cujos direitos de propriedade não são bem definidos e, portanto, as trocas entre os bens não são realizadas eficientemente no mercado. Os sistemas de preços nos moldes tradicionais são incapazes de valorar estes bens de maneira eficiente. Estes bens possuem como características básicas a não-exclusividade e a não rivalidade (para qualquer nível específico de produção o custo marginal é zero para qualquer consumidor adicional, e ninguém pode ser excluído da possibilidade de desfrutá-lo).

^{xiv} Os mecanismos de comando e controle representam um conjunto de normas ambientais que regulam a utilização dos recursos naturais. As agências de controle ambiental são responsáveis pela fiscalização e punição dos usuários que infringem as normas. O comando e controle é um mecanismo de ampla utilização e um dos mais aplicados no controle de impactos ambientais.

^{xv} A taxa pigouviana é um sobrepreço de valor equivalente às externalidades geradas, cuja determinação depende da identificação dos custos externos, os quais, adicionados aos preços de mercado, representam o preço social dos recursos. A teoria desenvolvida por Pigou, baseia-se na observação de que o custo marginal privado de produção difere do custo marginal social, podendo este se igualar àquele através da imposição de uma taxa sobre o produto de valor equivalente ao custo externo que é igual ao dano marginal causado pelas firmas.

^{xvi} Os subsídios são financiados por receitas e taxas ambientais. O economista Ronald Coase propôs um modelo de controle das externalidades baseados em subsídios partindo do pressuposto de que a mesma redução de poluição obtidas por meio das taxas pigouvianas, pode ser atingida se os afetados por esta poluição pagarem aos poluidores para que eles reduzam as emissões. Assim, mesmo que a produção ótima não seja assegurada pelo livre mercado a priori, há espaço para uma barganha direta entre os agentes envolvidos, sem a necessidade de uma legislação mais complexa.

^{xvii} Os mercados de direitos de uso envolve a criação de mercados que envolvem licenças comercializáveis. A comercialização destas licenças se baseia na determinação dos direitos do usuário ou poluidor, a partir do nível total desejado de uso ou poluição. A alocação dos direitos de usos se dá através de leilões, onde aqueles são determinados a partir dos custos de oportunidade dos agentes em relação a eles. Após a alocação, pode ocorrer a transação dos direitos entre os agentes, criando-se assim, o mercado.