

Márcia Cristina Martilho

Subsídios à gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: diagnóstico do município de Piracicaba-SP

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Tecnologia e Inovação

Linha de Pesquisa: Tecnologia para o Ambiente

Orientadora: Prof^a Dr^a Carmenlucia Santos Giordano Penteadó

Co-orientador: Prof^o Dr. Sandro Tonso

Limeira
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR SILVANA MOREIRA DA SILVA SOARES –
CRB-8/3965
BIBLIOTECA UNIFICADA FT/CTL
UNICAMP

Martilho, Márcia Cristina, 1981-
M362s Subsídios à gestão de resíduos de equipamentos
elétricos e eletrônicos : diagnóstico do município de
Piracicaba-SP / Márcia Cristina Martilho. – Limeira, SP : [s.n.],
2012.

Orientador: Carmenlucia Santos Giordano Penteado.
Coorientador: Sandro Tonso.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Tecnologia.

1. Resíduos sólidos. 2. Gerenciamento de resíduos.
3. Resíduos eletrônicos. I. Penteado, Carmenlucia Santos
Giordano. II. Tonso, Sandro. III. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Tecnologia. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Subsidies to the management of waste electrical and electronic
equipment : diagnosis of city of Piracicaba-SP

Palavras-chave em inglês (Keywords):

- 1- Solid waste
- 2- Waste management
- 3- Electronic waste

Área de concentração: Tecnologia e Inovação

Titulação: Mestre em Tecnologia

Banca examinadora: Valdir Schalch, Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Data da Defesa: 27-03-2012

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Subsídios à Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: diagnóstico do
Município de Piracicaba-SP

Autor: Márcia Cristina Martilho

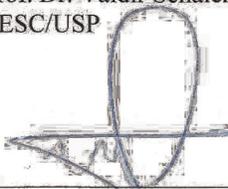
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Profa. Dra. Carmenlucia Santos Giordano Pentead
FT/UNICAMP



Prof. Dr. Valdir Schaleh
EESC/USP



Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum de Castro
UNESP

Aos meus pais (*in memoriam*) Antonio Martilho e Cecília Francisca da Silva Martilho, que fundamentaram meu caráter vivendo em uma família unida e feliz.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Carmenlucia Santos Giordano Penteado, por acolher minha pesquisa, compartilhar seu conhecimento e por ser uma orientadora atenciosa e presente em todos os momentos.

Aos amigos do Programa USP Recicla em especial a nossa orientadora, Ana Maria de Meira, por aguçar meu interesse pela área de resíduos sólidos e proporcionar a experiência na área. E pela amizade.

A Banca Examinadora de qualificação e defesa composta por Dr. Valdir Schalch e Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro, pelas considerações valiosas que permitiram guiar esta dissertação e futuros trabalhos.

A coordenadoria da FT representada pela Prof^a Dr^a Regina Lúcia de Oliveira Moraes. Aos funcionários da FT/UNICAMP, em especial a Karen Mercuri Macedo e a Fátima Aparecida Alves, pela constante atenção.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

As minhas grandes e valiosas amigas, Isabela, Jussara, Katia, Luana e Thais por compartilhar tanto conhecimento ao longo dos anos. Pela presença amiga e pelos momentos alegres. Em especial a Thais, por participar sua pesquisa.

Aos meus pais (*in memoriam*) por ter apoiado minhas decisões em relação aos estudos, me deram os melhores e maiores ensinamentos.

As minhas queridas irmãs, Cirlene e Marilucia, por sermos sempre unidas e nos apoiarmos acima de tudo, pelo amor incondicional e incentivo. Ao meu cunhado Cesar, pelo apoio durante todos esses anos. Aos meus sobrinhos, Vinicius, Luana e a recém vinda ao mundo Rafaela, por tornar a vida mais leve e alegre. Ao Vi, por ensinar o amor sincero e puro das crianças, nos anos de nossa convivência.

Ao meu companheiro de todas as horas Clodemir Pires, pelo incentivo constante, apoio, amor, carinho, paciência e pela ajuda valiosa, sem a qual não poderia concluir esta pesquisa.

A Deus que nos permite todos os dias sermos templo das realizações divinas. E pela força, coragem e fé.

Guardemo-nos de ensinar tal ensinamento como uma súbita religião! Ele tem de embeber lentamente, gerações inteiras têm de se edificar nele e nele tornar fecundas - , para que ele se torne uma grande árvore, que dê sombra a toda a humanidade que ainda virá.

Friedrich Nietzsche "O eterno retorno"(1881)

RESUMO

A fração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) presente nos resíduos sólidos urbanos vem crescendo em todo o mundo, trazendo novos desafios às administrações municipais para a gestão dos resíduos. Os REEE possuem uma combinação de substâncias e elementos que lhes conferem ao mesmo tempo alto valor agregado e periculosidade, requerendo um tratamento pós-consumo diferenciados. A Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2011, obriga fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos a estruturar e implementar sistemas de logística reversa. O objetivo desta dissertação foi realizar um diagnóstico da situação atual dos REEE no município de Piracicaba-SP. Para tanto foi utilizada como metodologia a pesquisa qualitativa exploratória através de entrevistas com atores relevantes dentro do contexto de geração e manejo de REEE, dessa forma foram levantadas as principais rotas de fluxo pós- consumo destes resíduos. A geração de REEE em Piracicaba para o período de 2010 a 2030 foi estimada através do Método de Consumo e Uso, resultando em uma geração de 48 mil toneladas para o período, com média per capita de 4,59 kg/hab.ano. Piracicaba possui uma estrutura de coleta de REEE disponibilizada pela Prefeitura Municipal e pelo setor privado. Há locais para a população dispor pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, aparelhos celulares e produtos eletroeletrônicos duráveis. Porém, as ações disponibilizadas são fragmentadas, e a infraestrutura ainda é bastante limitada, com pontos de coleta concentrados na região central do Município, não sendo totalmente acessível a toda população. O levantamento realizado nos serviços de informação ao consumidor e sites institucionais de fabricantes sobre o descarte de produto pós-consumo constatou que estes não orientam de forma eficiente o consumidor quanto aos procedimentos para descarte dos produtos da empresa e há discrepâncias de informações entre os dois sistemas de informação. Através desta pesquisa é possível vislumbrar um cenário que precisa unir diferentes sistemas de gerenciamento de forma integrada, que pode ser compartilhado entre setor público e privado, dentro dos requisitos legais, para atender as necessidades de cada local e ser inclusivo em extensão e distribuição no espaço.

Palavras chave: resíduos eletrônicos, resíduos sólidos, gerenciamento de resíduos.

ABSTRACT

The fraction of waste electrical and electronic equipment (WEEE) present in municipal solid waste is increasing all over the world, bringing new challenges to municipalities for managing municipal wastes. WEEE's have a combination of substances and elements that confer both high-value and dangerousness, requiring a different treatment post-consumer. The Brazilian Law no 12,305 of August 2nd 2010, regulated by Decree no 7,404 of December 23 2011, establishes the National Policy on Solid Waste and requires that manufacturers, importers, distributors and marketers of electronic products design and implement reverse logistics systems. The objective of this dissertation was to perform a diagnosis of the current situation of WEEE in the municipality of Piracicaba-SP. For this purpose, it was used as methodology a qualitative research, through interviews with relevant actors within the context of generation and management of WEEE, thus have been raised the main routes of flow of post-consumer waste. The generation of WEEE in Piracicaba for the period 2010 to 2030 was estimated by the method of consumption and use, resulting in a generation of 48 000 ton for the period, with average per capita of 4.59 kg per inhabitant per year. Piracicaba has a structure for WEEE collection provided by the Municipality and the private sector, with places where people can dispose of batteries, fluorescent bulbs, cell phones and durable electronic products. However, the actions available are fragmented, and the infrastructure is still rather limited, with collection points concentrated in the central region of the city, not being fully accessible to the entire population. The survey carried out in the information services to the consumer and institutional websites of manufacturers on the disposal of post-consumer products found that they do not efficiently guide the consumer on the procedures for disposal of their products, and there are discrepancies in the information provided by the two information systems. From this research it is possible to describe a scenario that must join different management systems in an integrated system, which can be shared between public and private sectors, within the legal requirements to meet the needs of each location and be inclusive in scope and space distribution.

Keywords: electronic waste, solid waste, waste management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Visões sobre a gestão do Ciclo de Vida do Produto	40
Figura 2 - Composição de REEE (% do peso)	47
Figura 3 - Triple bottom line para uma gestão efetiva de REEE.....	58
Figura 4- Modelo de ciclo de vida dos EEE da fase de uso ao descarte.....	69
Figura 5 - REEE disposto junto ao resíduo domiciliar em Piracicaba.....	71
Figura 6 - Computador descartado à margem de rodovia em Piracicaba, SP e detalhe do vidro do monitor quebrado.....	71
Figura 7- Etapas pós-consumo dos REEE.....	72
Figura 8 - Fatores influenciadores na estratégia de logística reversa	79
Figura 9 - O município de Piracicaba no Estado de São Paulo	103
Figura 10 – Vista da Central de Resíduos da Prefeitura de Piracicaba.....	117
Figura 11 - Coletores de pilhas e baterias na Central de Resíduos, Piracicaba-SP	117
Figura 12 – Coletores de lâmpadas fluorescentes localizados na Central de Resíduos, Piracicaba-SP.....	117
Figura 13 – Fluxo da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes provenientes dos PEV da Prefeitura de Piracicaba.....	121
Figura 14– Fluxo da destinação REEE do ponto de entrega na Central de Resíduos da Prefeitura de Piracicaba-SP	124
Figura 15- Fluxograma do gerenciamento de REEE na coleta seletiva da Cooperativa do Reciclador Solidário.....	129
Figura 16– Fluxo dos produtos com avaria e seus potenciais resíduos na assistência técnica	134
Figura 17 - REEE armazenado em depósitos de sucata localizado em Piracicaba-SP.....	137
Figura 18 – Desmanche de REEE em um depósito de sucata de eletroeletrônico, em Piracicaba-SP.....	137
Figura 19 – Estratégia de informação sobre descarte de produto pós-consumo	151
Figura 20 – Rotas do fluxo pós-consumo de eletroeletrônicos no município de Piracicaba	154
Figura 21– Rota do Fluxo de resíduos de lâmpadas fluorescentes e pilhas e baterias.....	155
Figura 22- Pontos de coleta em Piracicaba.	159
Figura 23- REEE com o resíduo domiciliar	162
Figura 24 - REEE com material reciclável.....	162
Figura 25 - REEE no suporte de lixo	162
Figura 26 - REEE na calçada.....	162
Figura 27 - REEE em praça.....	162
Figura 28 - REEE em caçamba de entulho	162
Figura 29 - REEE em Ecoponto	162
Figura 30 – Lâmpada fluorescente descartados em caçamba e margem de estrada rural.....	163
Figura 31 - REEE descartados em terrenos baldios, margem de rodovia, mata	163
Figura 32 - Monitor de CRT quebrado	163
Figura 33 - Geração de REEE por região de Piracicaba	167
Figura 34 - Geração de REEE per capita por região de Piracicaba	167

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1– Relação das entrevistas realizadas	94
Quadro 2– Gerenciamento de resíduos pela Prefeitura Municipal de Piracicaba	106
Quadro 3 – Legenda dos fabricantes pesquisados e principais linhas de produtos	143
Tabela 1 - Destino final dos resíduos sólidos no Brasil, por unidade de destino dos resíduos – 1989 a 2008	34
Tabela 2 - Categorias de EEE segundo a Diretiva 2002/96/CE	37
Tabela 3 - Expansão do mercado de utilidades domésticas	39
Tabela 4 - Vida útil de EEE.....	42
Tabela 5 - Quantidades de REEE gerados em toneladas métricas ao ano	45
Tabela 6 - Plásticos utilizados em EEE.....	47
Tabela 7 - Principais substâncias utilizadas em EEE.....	48
Tabela 8 - Chumbo em monitor de CRT.....	50
Tabela 9 - Peso e vida útil dos equipamentos da estimativa de geração.....	97
Tabela 10- Número de Domicílios com existência de bens duráveis em 2008 e 2009 no Brasil e Região Sudeste	98
Tabela 11– População e número de domicílios estimados para o período de 2010 a 2030.....	99
Tabela 12- População e número de domicílios na regiões do município (2000)	100
Tabela 13– Evolução da População Total.....	104
Tabela 14 – Participação setorial no valor adicionado de Piracicaba.....	104
Tabela 15 – Quantidade de resíduos domiciliares coletados – 2000 a 2011.....	109
Tabela 16 - Investimento na coleta de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes	115
Tabela 17- Custos da Prefeitura de Piracicaba com o gerenciamento de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes.....	116
Tabela 18 - Pontos de Coleta de pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes	119
Tabela 19 – Quantidade de pontos de descarte da iniciativa privada por região e tipo de material	140
Tabela 20 - Quantidade de pontos de descarte de empresas de telefonia celular por região	141
Tabela 21- Síntese das informações pesquisadas nos sites, SAC e pesquisa nas assistências técnicas indicadas por fabricantes.....	145
Tabela 22 – Quantidade de PEV por produto e por região	158
Tabela 23 – Geração anual de REEE em Piracicaba segundo Método de Consumo e Uso	164
Tabela 24– Geração total de REEE no período por tipo de bem durável	165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABINEE** - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE** - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- CFC** - Clorofluorcarbonos
- COMDEMA** - Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente
- CONAMA** - Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CPU** - Central Processing Unit
- CRT** - Tubos de Raio Catódicos
- DVD** - Digital versatile or digital video disk
- EEE** - Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
- HCFC** - Hidroclorofluorcarbonos
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LCD** - Liquid Crystal Display
- PAHs** - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
- PBB** - bifenilas polibromadas
- PBDD** - Dibenzodioxinas Polibromadas
- PBDF** - Dibenzofuranos Polibromados
- PC** - Personal Computer
- PCB** - bifenilas policloradas
- PNAD** - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
- PNRS** - Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PNSB** - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
- PSRSUP** - Plano de Saneamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Piracicaba
- REEE** - Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
- REP** - Responsabilidade Estendida do Produtor
- RoHS** - Restriction of the use of certain Hazardous Substances
- SAC** – Serviço de Atendimento ao Consumidor
- SEDEMA** - Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente

UNEP - United Nations Environment Programme

UNU - United Nations University

USEPA -United States Environmental Protection Agency

WEEE -Waste Electric and Electronic Equipment

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	23
1.2. JUSTIFICATIVA	27
1.3. QUESTÕES NORTEADORAS	28
2. OBJETIVOS.....	29
3. REVISÃO DE LITERATURA	31
3.1. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	31
3.2. REEE E CONTEXTOS DE SUA GERAÇÃO	36
3.2.1. <i>Geração de REEE nos Resíduo Sólido Urbanos</i>	43
3.2.2. <i>Características dos REEE e impactos adversos</i>	45
3.3. GESTÃO DE RESÍDUOS DE EEEE.....	54
3.3.1. <i>Aspectos Legislativos para a gestão de REEE no Brasil</i>	59
3.4. GERENCIAMENTO DE REEE.....	66
3.4.1. <i>Gerenciamento das etapas pós-consumo dos REEE</i>	68
3.4.2. <i>Logística reversa e requisitos para implantação no Brasil</i>	76
3.4.3. <i>Engajamento e Educação Ambiental</i>	85
4. METODOLOGIA	87
4.1. ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA	87
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	89
4.2.1. <i>Coleta dos dados</i>	89
4.2.2. <i>Quantificação da geração</i>	94
4.2.3. <i>Análise dos dados</i>	101
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	103
5.1. O MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP.....	103
5.1.1. <i>Gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares no município de Piracicaba</i>	105
5.2. ROTAS DO FLUXO PÓS-CONSUMO DE REEE.....	111
5.3. GERENCIAMENTO DE REEE PELA PREFEITURA DE PIRACICABA	112
5.3.1. <i>Pilhas e baterias; lâmpadas fluorescentes</i>	113
5.3.1.1. <i>Estrutura para o gerenciamento de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes</i>	116
5.3.2. <i>REEE duráveis</i>	122
5.3.2.1. <i>Coleta de móveis e grandes eletrodomésticos</i>	122
5.3.2.2. <i>Coleta na Central de Resíduos</i>	123
5.3.3. <i>Perspectivas futuras para o gerenciamento de REEE pela Prefeitura de Piracicaba</i>	125
5.4. REEE NA COLETA SELETIVA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS DO MUNICÍPIO	126
5.5. ESTRUTURA DO SETOR PRIVADO PARA GERENCIAMENTO DE REEE	130
5.5.1. <i>Assistências técnicas autorizadas e especializadas</i>	131
5.5.2. <i>Depósitos de sucata</i>	136
5.5.3. <i>Pontos de entrega voluntária de entidades do setor privado</i>	139
5.5.4. <i>Pontos de coleta de empresas de telefonia celular</i>	140
5.5.5. <i>Estratégias de descarte de REEE de fabricantes de eletroeletrônicos</i>	141
5.6. ROTA DO FLUXO PÓS-CONSUMO DE EEE E ESTRUTURA PARA O GERENCIAMENTO DE REEE NO MUNICÍPIO 152	
5.7. ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE REEE PARA PIRACICABA-SP.....	164
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	169

7. REFERÊNCIAS.....	177
APÊNDICES.....	191
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS E GUIAS DE ENTREVISTA	192
APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO	196
APÊNDICE C - DADOS DAS PROJEÇÕES DE GERAÇÃO DE REEE	197

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A intensificação do fluxo de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) que se tornam inservíveis e são descartados gera um tipo de resíduo que se distingue dos demais resíduos sólidos urbanos devido à complexa combinação de características que lhes conferem ao mesmo tempo alto valor agregado e periculosidade. Dificuldades quanto a sua adequada destinação vêm chamando a atenção da sociedade para a magnitude da problemática dos resíduos sólidos e ao desafio de equacionar o gerenciamento adequado dos mesmos.

Mudanças da composição, característica e quantidade dos resíduos gerados pela sociedade vêm ocorrendo ao longo da história humana, e estão vinculadas a fatores econômicos, sociais, políticos, culturais entre outros. Estas alterações ocorreram, principalmente, pelo fato da moderna tecnologia incrementar, em ritmo veloz, a capacidade do homem de transformar os recursos naturais em novos produtos, fabricados a partir de materiais e substâncias sintéticas cada vez mais complexas. No entanto, o crescente consumo e a gradual diminuição do ciclo de vida dos produtos, acarretam em altos índices de descarte e acúmulo de resíduos que não são passíveis de serem reintroduzidos no ecossistema (MANZINI e VEZZOLI, 2005; EIGENHEER, 2003; HOBBSAWN, 1995).

No contexto brasileiro, a degradação ambiental ocasionada pela produção em massa e pelo consumo insustentável ficou evidente nas últimas décadas porque não houve, em mesma medida, o desenvolvimento de estruturas suficientes para gerir de forma adequada os resíduos gerados diariamente. E, durante anos, houve pouco avanço para efetivar uma clara responsabilização de todos os atores sociais envolvidos com o ciclo de vida dos produtos (notadamente na fase pós-consumo), recaindo praticamente todo o ônus do gerenciamento dos resíduos sobre os municípios, e, portanto da sociedade (REVEILLEAU, 2007; JACOBI, 2006).

Os municípios possuem um papel destacado no gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. Essa responsabilidade é determinada na Constituição Federal que estabelece competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios para a proteção do meio ambiente e promoção de programas de melhoria do saneamento básico (BRASIL, 1988). Conforme a Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), “*incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios*” (BRASIL, 2010a art. 10).

No entanto, os municípios apresentam limitações orçamentárias, tecnológicas, de recursos humanos e operacionais que se somam a questões culturais e a descontinuidade política e administrativa que dificultam a implementação de políticas públicas que primem por soluções de longo prazo e sistemas adequados de gerenciamento que garantam a prevenção de danos à saúde humana e ao ambiente (D’ ALMEIDA e VILHENA, 2000).

A questão dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) emerge como um novo desafio às administrações locais para a gestão dos resíduos sólidos urbanos, que vem adicionar-se aos problemas já existentes, requerendo intervenções governamentais mais ágeis e em parceria com todos os setores sociais.

Estima-se que os REEE atualmente constituem 8% do lixo urbano em países desenvolvidos e a sua fração no lixo municipal está aumentando em todo o mundo (WIDMER et al, 2005). O fluxo de descarte dos equipamentos tecnológicos está crescendo mundialmente a uma taxa de 3 a 5% por ano (DAVIS e HERAT, 2009). Um estudo da Universidade das Nações Unidas calculou que são produzidas cerca de 40 milhões de toneladas de REEE por ano (UNEP e UNU, 2009).

Os resíduos tecnológicos geralmente contêm substâncias que lhes conferem periculosidade podendo poluir o ambiente e oferecer riscos à saúde pública, mas também são compostos por materiais que possuem alto valor agregado, o que os torna interessantes do ponto de vista econômico (VEIT et al, 2008). Em geral, REEE podem conter mais de 1000 substâncias diferentes, das quais uma ampla variedade é altamente tóxica. Essas substâncias tóxicas podem causar danos cerebrais, intensas reações alérgicas e câncer (WIDMER et al, 2005).

A maior fração descartada dos REEE não recebe nenhum tratamento diferenciado, sendo comumente depositada junto aos resíduos domiciliares. A disposição inadequada desses resíduos é um risco potencial de impactos negativos ao solo, a água, ao ar e a saúde humana. E, a falta de gerenciamento adequado dos REEE também provoca perdas econômicas provenientes da não valorização desse material e perda de recursos naturais não renováveis.

Riscos se evidenciam também quando são empregados métodos precários de reciclagem, que ocorrem geralmente no mercado informal ou em cooperativas de matérias recicláveis, expondo à contaminação o ambiente local e os trabalhadores que manipulam esses dispositivos em condições inadequadas de segurança ocupacional (SEPÚLVEDA et al, 2010).

Atualmente, a União Européia é referência mundial na formulação de diretrizes para a gestão de REEE, com a Diretiva 2002/96/CE - WEEE (Waste Electric and Electronic Equipment) que dispõe sobre a gestão de REEE com ampla responsabilização dos produtores (EU, 2002a); e, a Diretiva 2002/95/CE - RoHS (Restriction of the use of certain Hazardous Substances), que restringe o uso de determinadas substâncias tóxicas e perigosas na fabricação dos produtos (EU, 2002b).

Não obstante a legislação ambiental brasileira ser uma das mais desenvolvidas e atualizadas do mundo, até a recente aprovação da PNRS, as regulamentações federais sobre o tema resíduos distribuídas em leis, decretos, portarias e resoluções, se encontravam dispersas, genéricas e/ou deficitárias. A principal limitação é que não existiam princípios, objetivos e instrumentos que norteassem a gestão de resíduos, e por não prescreverem mecanismos que viabilizem sua plena implantação ou pela ineficácia e/ou inexistência de fiscalização.

Apesar de a Constituição Federal prever a competência concorrente para os Estados legislarem sobre meio ambiente, Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos implementadas por alguns Estados acabavam por ter alcance restrito devido à falta de uma Política Nacional. Houve limitações das discussões em torno da problemática dos resíduos e as lacunas existentes na legislação federal implicaram em entraves e demora em firmar soluções concretas para a questão dos REEE. Enquanto as discussões para a definição de

Leis mais restritivas e do modelo de responsabilidade a adotar em todo o território nacional só avançou recentemente, a geração de REEE no resíduo urbano vem aumentando.

Não havendo legislação federal que ordenasse o estabelecimento de sistema de coleta específico para os REEE, as alternativas para o descarte dos REEE são, de acordo com Rodrigues (2007), a disposição para coleta junto aos resíduos domiciliares, operações especiais dos serviços de limpeza urbana para coleta de volumosos, doação a catadores, disposição junto a outros materiais recicláveis em pontos de entrega voluntária, ou então a disposição em programas voluntários de coleta disponibilizados pelos fabricantes aos clientes (o que é mais raro).

Anterior a PNRS, o Estado de São Paulo promulgou um instrumento legal para disciplinar especificamente sobre o tema, a Lei Nº 13.576, de 06 de julho de 2009 do Governo do Estado de São Paulo, que “*institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico*” (SÃO PAULO, 2009). A proposta obriga as empresas em caráter solidário que produzem, comercializam ou importem produtos e componentes eletroeletrônicos a darem destinação final adequada ao lixo tecnológico.

A destinação final dos REEE preconizada nesta Lei deve ser: a reciclagem e aproveitamento do produto ou componentes para a finalidade original ou diversa; a reutilização total ou parcial de produtos e componentes tecnológicos; e, a neutralização e disposição final apropriada dos componentes tecnológicos equiparados a resíduo químico. Ainda, deve ser garantida a informação ao consumidor na embalagem ou rótulo dos produtos elétricos e eletrônicos comercializados no Estado, entre outros dispositivos (SÃO PAULO, 2009).

Atualmente com a aprovação da PNRS, há um respaldo da Lei Federal e um regramento mais uniforme em todo o território nacional, atribuindo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, onde todos os agentes envolvidos possuem atribuições para o adequado gerenciamento dos resíduos (BRASIL, 2010a).

Dessa forma, apesar de o município ser responsável pela gestão integrada de resíduos gerados em seu território, não há prejuízo da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, como o estabelecido na Lei. O município torna-se um

articulador de medidas entre os agentes econômicos e sociais para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis.

Para os EEE, a Lei obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista a estruturar e implementar sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010a).

A gestão pós-consumo de REEE tem como diretrizes a prevenção, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente segura de rejeitos, bem como melhorar o desempenho ambiental de todos os agentes envolvidos com o ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010a; EU, 2002a).

O arcabouço legal atual é um marco para se exigir maior rigor na gestão dos REEE, assim, torna-se premente regulamentar a PNSR quanto à gestão desses resíduos e criar medidas concretas para que não contaminem o solo, o lençol freático e causem danos à saúde da população, acrescentando o passivo ambiental futuro. O estudo da situação atual e a proposição de modelos sustentáveis para a gestão de REEE podem contribuir para um debate mais consistente, e adentrá-la em um círculo virtuoso em torno do qual se arregimentem instâncias políticas, sociedade civil, setor privado e organismos multilaterais para a evolução do diálogo, que leve a concretização de políticas públicas que promovam a gestão adequada dos EEE pós-consumo no Brasil.

1.2. Justificativa

Com o exposto anteriormente, é essencial implementar mecanismos para a gestão adequada de REEE, evitando-se que um resíduo com materiais poluentes e nobres seja descartado inadequadamente gerando riscos a saúde da população e ao ambiente, além de perdas econômicas.

Dessa forma, torna-se necessário realizar previamente o diagnóstico da situação atual dos REEE. Segundo D’Almeida e Vilhena (2000) e Monteiro et al (2001) esta etapa é

essencial para orientar as estratégias para a elaboração de qualquer plano de gerenciamento de resíduos.

O presente projeto visa contextualizar o problema dos REEE na esfera municipal, que é a unidade territorial onde ocorrem os principais processos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e a destinação inadequada desses resíduos apresenta maiores repercussões em termos de poluição ambiental. Tem como propósito também identificar possíveis fatores que influenciam o problema e contribuir com soluções para este problema. Sendo assim, o objeto de estudo foi delimitado como um diagnóstico da situação atual de REEE, e o campo de investigação como sendo o município de Piracicaba-SP.

1.3. Questões norteadoras

As principais questões norteadoras deste projeto de estudo são:

- Quais as características atuais de geração e manejo de REEE no município de Piracicaba?
- De acordo com o contexto local quais são as soluções mais adequadas para que os REEE pós-consumo atinjam o objetivo de destinação ambientalmente segura¹?
- Como os municípios se inserem na implementação de medidas de gestão de REEE com base no aparato legal vigente?

¹ Entendida como exposto na Lei 13.576, 06.07.2009 Art. 3º A destinação final do lixo tecnológico, ambientalmente adequada, dar-se-á mediante: I - processos de reciclagem e aproveitamento do produto ou componentes para a finalidade original ou diversa; II - práticas de reutilização total ou parcial de produtos e componentes tecnológicos; III - neutralização e disposição final apropriada dos componentes tecnológicos equiparados a lixo químico”.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta proposta é realizar um diagnóstico da situação atual dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Piracicaba-SP.

Os objetivos específicos são:

- Analisar as características atuais de geração e manejo de REEE no município;
- Analisar os cenários mais adequados para o gerenciamento de REEE no município de Piracicaba;
- Analisar como os instrumentos legais vigentes inserem a esfera municipal na gestão de REEE no Brasil;
- Fornecer subsídios para a proposição de medidas de gestão para estes resíduos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305, de 02.08.2010, resíduo sólido é definido como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (Brasil, 2010a inciso XVI art. 3º).

O resíduo pode ser denominado como qualquer objeto descartado considerado por seus geradores como inservível, inútil, descartável ou indesejável (ABNT, 2004; SUDAN et al, 2007). Sob o ponto de vista da ecoeficiência, resíduos podem ser definidos como o desperdício de matéria e energia (GASI e FERREIRA, 2006; CALDERONI, 2003). Pois “*o lixo leva consigo recursos naturais e trabalho*” (EIGENHEER, 2003 p. 28).

A moderna tecnologia possibilitou ao ser humano transformar recursos naturais em novos produtos, fabricados a partir de materiais e substâncias sintéticas cada vez mais complexas. No entanto, a produção intensiva, o crescente consumo e a gradual diminuição do ciclo de vida dos produtos, acarretam em altos índices de descarte e acúmulo de resíduos que não são passíveis de serem reintroduzidos no ecossistema (MANZINI e VEZZOLI, 2005; EIGENHEER, 2003; HOBBSAWN, 1995) e, quando não tratados adequadamente, “*retornam ao ciclo de vida da raça humana na forma de poluição*” (ANDRADE, 2002 p. 5).

No contexto brasileiro, a degradação ambiental ocasionada pela produção em massa e consumo insustentável ficou evidente nas últimas décadas porque não houve, em mesma medida, o desenvolvimento de estruturas suficientes para gerir de forma adequada o lixo gerado diariamente, e o pouco avanço para efetivar uma clara responsabilização de todos os atores sociais envolvidos com o ciclo de vida dos produtos (notadamente na fase pós-consumo), recaindo praticamente todo o peso do gerenciamento dos resíduos sobre os municípios - e, portanto da sociedade - que se demonstraram limitados e ineficazes para enfrentarem os problemas socioambientais que se avolumam (REVEILLEAU, 2007; JACOBI, 2006).

Os municípios brasileiros são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos produzidos localmente. Estes são resíduos qualitativamente heterogêneos provenientes de domicílios, de pequenos geradores de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços e pequenos geradores de resíduos de construção civil (estabelecido o parâmetro “pequeno gerador” pela própria municipalidade), da varrição, de poda e de limpeza de vias, logradouros públicos e sistema de drenagem urbana (BRASIL, 2010; SÃO PAULO, 2006).

Essa responsabilidade encontra-se determinada na Constituição Federal que estabelece competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios para a proteção do meio ambiente e promoção de programas de melhoria do saneamento básico (BRASIL, 1988).

O Capítulo I, art. 10 da PNRS determina que:

“Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do Sisnama, do SNVS e do Suasa², bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei” (BRASIL, 2010 p. 4)

A Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo, Lei nº 12.300 de 16 de março de 2006, institui que a gestão de resíduos urbanos deve ser feita em esfera local com a

² Sisnama (Sistema Nacional do Meio Ambiente); SNVS (Sistema Nacional de Vigilância Sanitária); Suasa (Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária).

cooperação do Estado e participação dos organismos da sociedade civil (SÃO PAULO, 2006).

O sistema de limpeza pública compreende, segundo a Política Federal de Saneamento Básico, Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, “*o conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas*” (BRASIL, 2007 alínea c, inciso I art. 3º).

Segundo Monteiro et al (2001) o sistema de limpeza urbana pode ser administrado: diretamente pelo município; por meio de uma empresa pública específica; ou, por empresa de economia mista criada especificamente para desenvolver esta função. A prefeitura pode contratar empresas privadas para executar os serviços por meio de concessão ou terceirização. E também tem a opção de firmar consórcio com outros municípios para implementar soluções conjuntas.

Conforme dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008, 61,2% das prestadoras dos serviços de manejo dos resíduos sólidos eram entidades vinculadas à administração direta do poder público; 34,5%, empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização; e 4,3%, entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista e consórcios (IBGE, 2010).

Monteiro et al (2001) destaca que independente da forma de administração adotada as prefeituras precisam equacionar questões relativas a remunerar os serviços de forma correta e suficiente para sua execução, e garantir a arrecadação de receitas para a manutenção dos serviços de limpeza urbana.

Os sistemas de limpeza urbana “*exercem um forte impacto no orçamento das administrações municipais*” (IBGE, 2010a p. 59), podem consumir de 7 a 15% do orçamento municipal (MONTEIRO et al, 2001), podendo atingir até 20% dos gastos municipais (IBGE, 2010a). Por essa razão, segundo Monteiro et al (2001) muitas prefeituras no Brasil preferem priorizar a coleta do resíduo, que impacta diretamente a população, e deixar para segundo plano a disposição final.

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010, da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) indica que em 2010 foram geradas 60.868.080 toneladas de resíduos sólidos urbanos, perfazendo uma produção média

de 378,4 Kg/hab/ano. Destes foram coletadas 54.157.896 toneladas em 2010 e 57,6% destes resíduos coletados receberam destinação adequada em aterros sanitários. Ainda assim, o restante dos resíduos sólidos urbanos, quase 23 mil toneladas, teve destinação inadequada em aterros controlados ou lixões em 2010. De acordo com a pesquisa 61% dos municípios brasileiros ainda utilizam essas unidades de destinação inadequada de resíduos (ABRELPE, 2010)³.

Já a PNSB de 2008 (IBGE, 2010a) aponta que a destinação final dos resíduos em vazadouros a céu aberto (lixões) foi praticada por 50,8% dos municípios brasileiros. Somando-se a destinação em aterro controlado tem-se que 73,3% dos resíduos são encaminhados para unidades de destinação inadequada. A Tabela 1 apresenta o destino final dos resíduos sólidos no Brasil de 1989 a 2008.

Tabela 1 - Destino final dos resíduos sólidos no Brasil, por unidade de destino dos resíduos – 1989 a 2008

Ano	Destino final dos resíduos sólidos, por unidade de destino dos resíduos (%)		
	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Fonte: IBGE, 2010a.

³ De acordo com Monteiro et al (2001):

- Vazadouro a céu aberto ou “lixões” são locais onde o resíduo coletado é despejado diretamente no solo, sem controle ou quaisquer cuidados ambientais, poluindo o solo, o ar e águas subterrâneas.
- Aterro controlado é uma forma de confinar tecnicamente o resíduo coletado seguindo o mesmo método do aterro sanitário, porém, sem promover a coleta e tratamento de chorume e a coleta e queima do biogás.
- Aterro sanitário são locais construídos aplicando-se critérios de engenharia e normas específicas para fazer a disposição final do resíduo no terreno natural impermeabilizado, através de seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, promovendo a coleta e o tratamento de chorume e a coleta e queima do biogás, de modo a evitar danos ao ambiente e a saúde e segurança pública.

Todavia os dados históricos indicam que nos últimos 20 anos estão ocorrendo alterações nesta situação de destinação inadequada. Isso ocorre principalmente nas Regiões Sudeste e Sul do País.

A PNSB mostra que as Regiões Nordeste e Norte registraram as maiores proporções de destinação dos resíduos sólidos aos lixões – 89,3% e 85,5%, respectivamente – enquanto os localizados nas Regiões Sul e Sudeste apresentaram, no outro extremo, as menores proporções – 15,8% e 18,7%, respectivamente (IBGE, 2010a).

De acordo com a pesquisa, na Região Sudeste, os municípios do Estado de São Paulo registraram as menores proporções de destinação dos resíduos sólidos aos lixões, 7,6%, enquanto os municípios do Estado do Rio de Janeiro foram o destaque negativo da região, sendo este tipo de destinação praticado por 33% deles.

Nos últimos anos vêm ocorrendo um gradativo avanço em relação a ações voltadas à reciclagem: em 2010 dos 5.565 municípios existentes no Brasil aproximadamente 57,6% indicaram a existência de iniciativas de coleta seletiva, de acordo com dados da ABRELPE (2010).

A PNSB 2008 menciona que as primeiras informações oficiais sobre a coleta seletiva dos resíduos sólidos, foram levantadas pela PNSB 1989, que identificou a existência de 58 programas no País. Na pesquisa de 2000, o número de programas de coleta seletiva foi de 451. E na pesquisa de 2008, o dado foi 994 programas, indicando avanços na implementação da coleta seletiva nos municípios brasileiros (IBGE, 2010a).

Contudo, é necessário analisar a eficiência dessas iniciativas. A maioria destas ações ainda é de pequena abrangência, onde são processadas pequenas quantidades de resíduos que não interferem significativamente na quantidade total de resíduo urbano descartado (BESEN, 2006; LEITE, 2009), desperdiçando-se recursos naturais e econômicos que poderiam ser reinseridos na cadeia produtiva. De acordo com a ABRELPE (2010), em alguns casos, essas iniciativas disponibilizadas pelos municípios, limitam-se na implementação de pontos de entrega voluntária ou na simples formalização de convênios com cooperativas de catadores para a execução dos serviços, mas não há garantia de estrutura ou metas para ampliar o acesso à coleta seletiva a população. Essa realidade poderá modificar-se nos próximos anos devido à aprovação da Lei 12.305, de 02.08.2010 que institui a PNRS (BRASIL, 2010a).

É premente que sejam adotadas soluções estruturais expressivas para o setor de saneamento de resíduos para eliminar a deposição em lixões e aterros controlados no Brasil. Existem diferenças regionais consideráveis em relação à destinação de resíduos sólidos, suscitando questões sobre como lidar com novos problemas de resíduos que emergem na sociedade num cenário com tamanhas discrepâncias.

3.2. REEE e contextos de sua geração

Com a intensa urbanização, o aumento populacional e à medida que o estilo de vida se torna cada vez mais complexo na sociedade da inovação tecnológica, emergem novos desafios para a gestão dos resíduos sólidos urbanos vindo adicionar-se aos problemas já existentes, requerendo intervenções mais ágeis da sociedade.

Nesse contexto emerge a questão dos REEE, resíduos gerados pelo desuso dos produtos tecnológicos, os Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) que podem ser definidos como:

“equipamentos cujo adequado funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1000 V para corrente alternada e 1500 V para corrente contínua” (EU, 2002a, p. 27).

Os EEE compreendem uma ampla gama de produtos e, segundo a Diretiva 2002/96/CE, da União Européia, podem ser classificados em 10 categorias (Tabela 2):

Tabela 2 - Categorias de EEE segundo a Diretiva 2002/96/CE

Categoria	Exemplos de Produtos
Grandes eletrodomésticos	Geladeiras; <i>freezers</i> ; Máquinas de lavar roupa e louça; Secadora de roupa; Fogão; Forno elétrico; Microondas; Aparelho de ar condicionado
Pequenos eletrodomésticos	Aspirador de pó; Ferro de passar roupa; Torradeira; Faca elétrica; Máquinas para cortar o cabelo; Secador de cabelo; Escova de dente elétrica; Aparelho de barbear; Relógios; Balanças
Equipamentos de informática e de telecomunicação	Computador pessoal e periféricos (CPU, mouse, monitor e teclado); “notebook”; Impressora; Copiadora; Máquina de escrever elétrica; Calculadoras; Fax; Telefones; Telefone celular; Secretária eletrônica; <i>Pen drive</i>
Equipamentos de consumo	Aparelhos de rádio; Televisão; Filmadoras; Instrumentos musicais; DVD; Videocassete
Equipamentos de iluminação	Lâmpadas fluorescentes clássicas e compactas; Lâmpadas de sódio e de haletos metálicos
Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)	Serras; Máquinas de costura; Furadeira; Máquina para cortar grama
Brinquedos e equipamento de esporte e lazer	Videogames; Brinquedos e equipamentos esportivos com componentes elétricos ou eletrônicos; Caça-níqueis
Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados)	Equipamentos de: radioterapia, cardiologia, diálise, medicina nuclear, laboratório
Instrumentos de monitoramento e controle	Detectores de fumo; Termostatos
Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de bebidas, dinheiro

Fonte: Adaptado de EU, 2002a.

No Brasil também há a seguinte categorização utilizada pela indústria nacional (FRANCO, 2008):

- **Linha Branca:** refrigeradores; freezers verticais; congeladores e conservadores horizontais; lavadoras automáticas; lava-louças automáticas; secadoras de roupa; fogões.

- **Linha Marrom (imagem e som):** rádios-gravadores; sistemas de som; televisores em cores; videocassetes; digital videodisco (DVD); filmadoras; produtos das áreas de telecomunicações.

- **Portáteis:** aspiradores de pó; batedeiras de bolo; cafeteiras – filtro; espremedores de frutas; ferros de passar roupa; liquidificadores; secadores e modeladores de cabelo.

No cenário mundial a indústria elétrica e eletrônica tem grande importância para a economia. No Brasil, conforme a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) o setor vem experimentando forte dinamismo, e entre 2006 e 2008 sua taxa média de crescimento atingiu cerca de 9% ao ano, o que permitiu que o seu faturamento chegasse a 4,3% do PIB em 2008. Com a crise em 2009 o setor experimentou uma retração, mas já nos primeiros bimestres de 2010 recuperou-se. O mercado interno está sendo o maior responsável por este crescimento, sendo os segmentos de tecnologias da informação e comunicação e o de componentes os de participação mais destacada. As vendas de microcomputadores, por exemplo, atingiram 12 milhões de unidades em 2008, alta de 20% em comparação ao ano anterior e em 2010 as tendências apontam para a manutenção desses números de vendas (ABINEE, 2009).

Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2009 realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicaram que ocorreram avanços significativos de 2008 para 2009, na proporção de domicílios com bens duráveis como: máquina de lavar roupa (de 41,5% para 44,3%); geladeira (de 92,1% para 93,4%); televisão (de 95,1% para 95,7%); DVD (digital versatile or digital video disk) (de 69,4% para 72%); Microcomputador (de 31,2% para 34,7%) (IBGE, 2010b).

Na Tabela 3 pode-se visualizar a expansão do mercado de utilidades domésticas entre o ano de 2001 e de 2006.

Tabela 3 - Expansão do mercado de utilidades domésticas

	2001		2004		2006	
	Milhões unidades	%*	Milhões unidades	%*	Milhões unidades	%*
Fogão	45,4	98	50,5	98	53,3	98
Televisão	41,4	89	46,7	90	50,8	93
Geladeira	39,6	85	45,2	87	48,7	89
Rádio	40,9	88	45,4	88	48	88
Total de Domicílios	46,5	-	51,8	-	54,6	-

*(% em relação ao total de domicílios)

Fonte: ABINEE, 2009.

De acordo com a ABINEE o Brasil destaca-se por ser um importante mercado para produtos eletrônicos, “reconhecido pelo alto potencial de crescimento do mercado, devido ao incompleto processo de universalização do acesso aos bens e serviços de informática e telecomunicações” (ABINEE, 2009 p. 23). Em 2005, o país representou 1,8% do mercado mundial de produtos eletrônicos e componentes e 2,3% do mercado mundial de bens eletrônicos de consumo (ABINEE, 2009).

Na indústria elétrica e eletrônica a inovação tecnológica é intensa para proporcionar a competição comercial, o aumento da demanda, a expansão e a criação de novos mercados. Atualmente, um importante vetor de dinamismo é o processo de convergência tecnológica, que é a utilização de uma única infraestrutura tecnológica que proporciona diversos serviços em um único aparelho (Ibid, 2009).

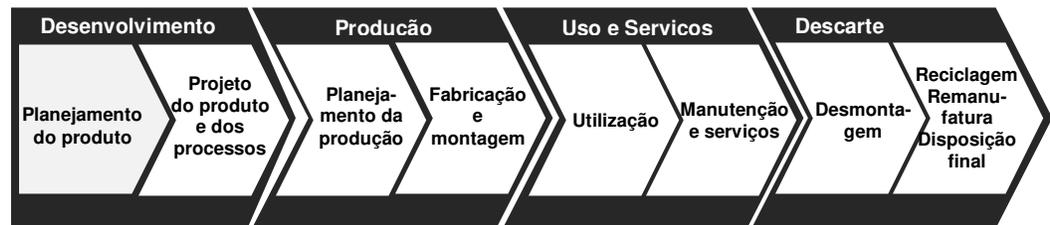
Ainda conforme a ABINEE (2009), há a tendência da crescente inserção da eletrônica nos aparelhos elétricos, o uso dos softwares e a ampliação dos serviços associados aos produtos comercializados. Os equipamentos passam a acumular funções, integram-se diferentes tecnologias e dispõem-se no mercado novos produtos que apresentam em conjunto *hardware* e *software* de computadores, eletrônica de consumo e telecomunicações.

Estas constantes inovações estão possibilitando que a indústria diminua o tempo para lançar novos produtos no mercado, sendo que uma “importante consequência deste processo é a substituição de tecnologias existentes. Ao penetrar rapidamente em vários

tipos de aplicação, as inovações vêm tornando obsoleta uma ampla gama de tecnologias existentes” (Ibid, 2009 p. 25)

Na Linha Branca a microeletrônica está influenciando o processo de inovação aumentando o conteúdo eletrônico em bens como máquinas de lavar, geladeiras, microondas entre outros (Ibid, 2009), essas “tendências indicam que o mercado de linha branca poderá passar por transformações tecnológicas mais frequentes levando os fabricantes a encurtar o ciclo de vida dos produtos” (ABINEE, 2009 p. 28).

Conceito de fundamental importância, o Ciclo de Vida do Produto compreende uma série de etapas pelas quais passa um produto, desde seu desenvolvimento até sua disposição final, podendo ser gerenciado sob diferentes enfoques, como visualizado na Figura 1.



Visões

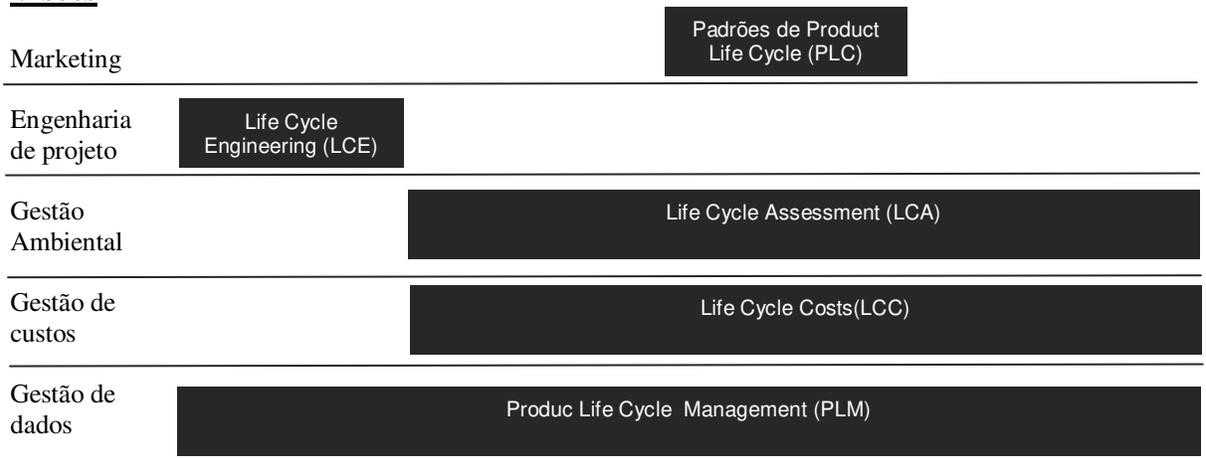


Figura 1 - Visões sobre a gestão do Ciclo de Vida do Produto

Fonte: Zancul, 2009.

Para o marketing, conforme Zancul (2009), o ciclo de vida envolve a fase do produto no mercado e tem 4 estágios: a) introdução, fase em que inicia-se a comercialização; b) crescimento, fase em que ocorre o rápido crescimento das vendas; c) maturidade, momento

em que as vendas se estabilizam; e, d) declínio, estágio de queda das vendas até a retirada do mercado.

Para a gestão ambiental a norma ISO 14.040:2001 (ABNT, 2001 p. 3) define Ciclo de Vida como sendo “*os estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição de matérias primas ou geração de recursos naturais, até a disposição final*”. Este conceito amplia-se quando envolve as fases de planejamento e projeto do produto que são etapas de fundamental importância, pois definem características do produto que terão impacto ao longo de todo o seu ciclo de vida (ZANCUL, 2009), como a prevenção de resíduos, o uso de matérias-primas menos poluentes e recicláveis, e até mesmo aspectos da durabilidade do produto para aumentar seu tempo de uso.

No entanto quando se considera sobremaneira a fase do produto no mercado (visão do marketing) encurta-se o ciclo de vida mercadológico e útil do produto. Desta forma, segundo a ABINEE (2009 p. 25) os “*ciclos de vida de produtos e serviços estão se tornando cada vez mais curtos, aumentando a rapidez com que são difundidos e descontinuados*”. Há, portanto, uma tendência de diversificar e aumentar a variedade de produtos disponíveis no mercado, introduzindo-se novos modelos que tornam os anteriores ultrapassados em virtude de seu próprio projeto e concomitantemente reduz-se o tempo médio de vida destes (ZANCUL, 2009; LEITE, 2009), constituindo o que se denomina de obsolescência programada, que é um processo pelo qual é deliberado o tempo de vida menor do produto no próprio planejamento e confecção deste (SUDAN et al, 2007).

O período de vida de um EEE é um parâmetro importante que influencia significativamente a geração de REEE. Conforme Babbitt et al (2009) o tempo médio de vida de um equipamento equivale ao seu período de utilização, que acaba quando o produto se torna obsoleto ou inservível do ponto de vista técnico ou funcional. Esta vida útil varia de acordo com o tipo de equipamento, com a marca e nível de utilização ou desgaste a que é submetido. No Tabela 4 pode-se ver o tempo de vida útil estimado para alguns equipamentos:

Tabela 4 - Vida útil de EEE

Produto	Vida Útil (em anos)
Televisão	8
Computador (PC e Monitor)	5 a 8
Telefone Celular	4
Geladeira	10

Fonte: UNEP e UNU, 2009.

Culver⁴ (2005) apud Widmer et al (2005) constata que o tempo de vida de um PC (Personal Computer) está diminuindo, por exemplo, para CPUs (Central Processing Unit) o tempo de vida médio era de 4 a 6 anos em 1997, caindo para 2 anos em 2005. Pesquisas realizadas por Karagiannidis et al (2005) indicaram que na Grécia, excetuando-se refrigeradores, o período de vida de EEE novos está reduzindo gradualmente.

E se por um lado, a indústria vem acelerando o esgotamento da vida útil dos produtos, os comportamentos de uso também são fatores determinantes para o seu tempo de vida útil, pois segundo Manzini e Vezzoli (2005 p. 336) estes *“podem determinar a eliminação do produto antes mesmo do seu desgaste final, por exemplo, por obsolescência estética ou cultural”*. Sob esta ótica, as definições do que é resíduo assumem um caráter bastante subjetivo, pois um produto pode ser descartado mesmo ainda em pleno funcionamento.

Segundo Rodrigues (2007) há diversos fatores, que determinam que um EEE transforme-se em um resíduo:

- a. Cessou seu funcionamento e não pode ser reparado, ou o reparo não é vantajoso em relação à compra de um novo produto;
- b. Está associado a outro equipamento que não funciona mais;
- c. Funciona, mas tornou-se obsoleto tecnicamente ou esteticamente.

Generalizando, os REEE são equipamentos que deixaram de apresentar qualquer valor para seus proprietários. Apesar de não haver uma definição padrão para os REEE, a definição mais utilizada na literatura é a apresentada pela Diretiva 2002/96/CE: são denominados *“os equipamentos elétricos ou eletrônicos que constituem resíduos, incluindo*

⁴ Culver J. The life cycle of a CPU; 2005. <http://www.cpushack.net/life-cycle-of-cpu.html>

todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado” (EU, 2002a p. 27).

A Lei Nº 13.576, de 6 de julho de 2009 do Estado de São Paulo, adota o termo *lixo tecnológico* para designar “*os aparelhos eletrodomésticos e os equipamentos e componentes eletroeletrônicos de uso doméstico, industrial, comercial ou no setor de serviços que estejam em desuso e sujeitos à disposição final*” (SÃO PAULO, 2009a art. 2º). Essa Lei cita componentes e periféricos de computadores, monitores e televisores, acumuladores de energia (baterias e pilhas) e produtos magnetizados.

Estes resíduos também são denominados: eletro-eletrônicos obsoletos, EEE de fim de uso, EEE pós-consumo, e-lixo, lixo *high teck*, sucata eletrônica, etc. No presente trabalho adotou-se *Resíduo de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)* por ser o termo mais utilizado na literatura, considerando-se este similar as outras denominações.

3.2.1. Geração de REEE nos Resíduo Sólido Urbanos

Os REEE têm apresentado um grande crescimento na fração do lixo municipal em todo o mundo. Um estudo da Universidade das Nações Unidas calculou que mundialmente são geradas cerca de 40 milhões de toneladas de REEE por ano (UNEP e UNU, 2009). O fluxo de descarte dos equipamentos tecnológicos está crescendo rapidamente a uma taxa de 3 a 5% por ano (DAVIS e HERAT, 2009).

Estima-se que estes resíduos atualmente constituem 8% do lixo urbano em países desenvolvidos (WIDMER et al, 2005). Na União Européia a geração anual estimada de REEE corresponde a 17 Kg/habitante.ano (CHANCEREL e ROTTER, 2009). Nos Estados Unidos foi estimado que para as categorias de produtos de informática, telecomunicações e bens de consumo a geração é de 6,8 Kg/habitante.ano (USEPA, 2008).

Em países populosos como China e Índia a produção per capita de REEE é relativamente pequena, cerca de 1 Kg/habitante.ano, mas em volumes absolutos é enorme e, como são promissores mercados consumidores longe da saturação e atualmente o principal

destino do descarte de REEE dos países desenvolvidos, a geração tende a crescer (BABU; PARENDE e BASHA, 2007).

Estudos realizados por Rodrigues (2007) sobre o potencial de geração desses resíduos no Brasil entre 2002 a 2016 para algumas categorias de equipamentos elétricos eletrônicos, como televisores, computadores, telefones celulares entre outros, apontaram média anual de geração que corresponde a 493.400 toneladas, representando a média de 2,6 kg/habitante.ano.

Rocha et al (2009), estimou que no Estado de Minas Gerais são geradas cerca de 68.600 toneladas ao ano de resíduos provenientes de telefones celulares e fixos, televisores, computadores, rádios, máquinas de lavar roupa, geladeiras e freezer. Para o Brasil é estimada uma geração de 679.000 toneladas ao ano. Com relação à geração per capita anual, a média estimada encontrada para o período compreendido entre 2001 e 2030 é de 3,4 kg/habitante para o Brasil, 3,3 kg/habitante para Minas Gerais.

Araújo et al (2012) estimou geração per capita para o Brasil de 3,8 kg/hab/ano utilizando-se o Método de Consumo e Uso para produtos de maior tempo de vida útil (Geladeira, Televisão, Freezer, Rádio, Máquina de Lavar Roupa) e o Método Time-Step para celular e computador, que considera as vendas no período.

UNEP e UNU (2009) estimaram em países em desenvolvimento a quantidade de resíduos gerados provenientes de PCs, impressora, celular, televisão e refrigeradores, visualizados na Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidades de REEE gerados em toneladas métricas ao ano

	PCs	Impressoras	Celular	Televisão	Refrigeradores
	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
África do Sul	19.400	4.300	850	23.700	11.400
Quênia	2.500	500	150	2.800	1.400
Uganda	1.300	250	40	1.900	900
Marrocos	13.500	2.700	1.700	15.100	5.200
Senegal	900	180	100	1.900	650
Peru	6.000	1.200	220	11.500	5.500
Colômbia	6.500	1.300	1.200	18.300	8.800
México	47.500	9.500	1.100	166.500	44.700
Brasil	96.800	17.200	2.200	137.000	115.100
Índia	56.300	4.700	1.700	275.000	101.300
China	300.000	60.000	7.000	1.350.000	495.000

Fonte: UNEP e UNU, 2009.

Segundo este estudo, para resíduos de computadores pessoais foi calculado que o Brasil é o maior produtor, gerando aproximadamente 0,5 Kg/habitante.ano. Peru e China geram em média 0,2 Kg/habitante.ano; Quênia, Uganda, Senegal, Colômbia e Índia geram quantidades abaixo de 0,15 Kg/habitante.ano.

3.2.2. Características dos REEE e impactos adversos

Os REEE contêm uma ampla gama de materiais e substâncias que podem lhes conferir periculosidade e também são compostos por materiais interessantes do ponto de vista do retorno ao ciclo econômico. Dessa forma é importante entender as características da composição dos REEEs para a prevenção de resíduos tóxicos e para determinar soluções mais adequadas para equipamentos pós-consumo.

Huisman et al (2007) indica que os REEE são resíduos particularmente complexos devido:

- A variedade de produtos;
- A combinação de componentes e materiais muito diversos;
- A concentração de substâncias perigosas, e
- Os padrões de crescimento do fluxo desses resíduos, que além da influência da necessidade ambiental, depende também de mudanças em termos de tecnologia, projeto e marketing.

Os EEEs genericamente são formados por módulos básicos comuns que são: placas de circuitos impressos, estruturas de plásticos tratados com retardantes de chamas, cabos, cordões e fios, comutadores e disjuntores de mercúrio, dispositivos de visualização, como telas de Tubos de Raio Catódicos (CRT) e telas de cristais líquidos (*Liquid Crystal Display* – LCD), pilhas e acumuladores, meios de armazenamento de dados, dispositivos luminosos, condensadores, resistências e relés, sensores e conectores (FRANCO, 2008).

A composição dos materiais é variável, como resultado da mudança contínua em projetos e funções dos EEE (CHANCEREL e ROTTER, 2009), mas em geral podem conter mais de mil substâncias diferentes (WIDMER et al, 2005).

Em relação à massa, o ferro, o aço e os plásticos são os principais materiais encontrados em EEE e representam a maior fração do peso total dos resíduos (BABU; PARENDE e BASHA, 2007). Ferro e aço representam quase metade do peso total, os plásticos representam aproximadamente 21%, metais não-ferrosos, incluindo metais preciosos, podem representar 13% do peso total, o cobre representa 7% do peso. Poluentes correspondem a 2,70% (WIDMER et al, 2005). A Figura 2 apresenta a composição média em relação ao peso de REEE.

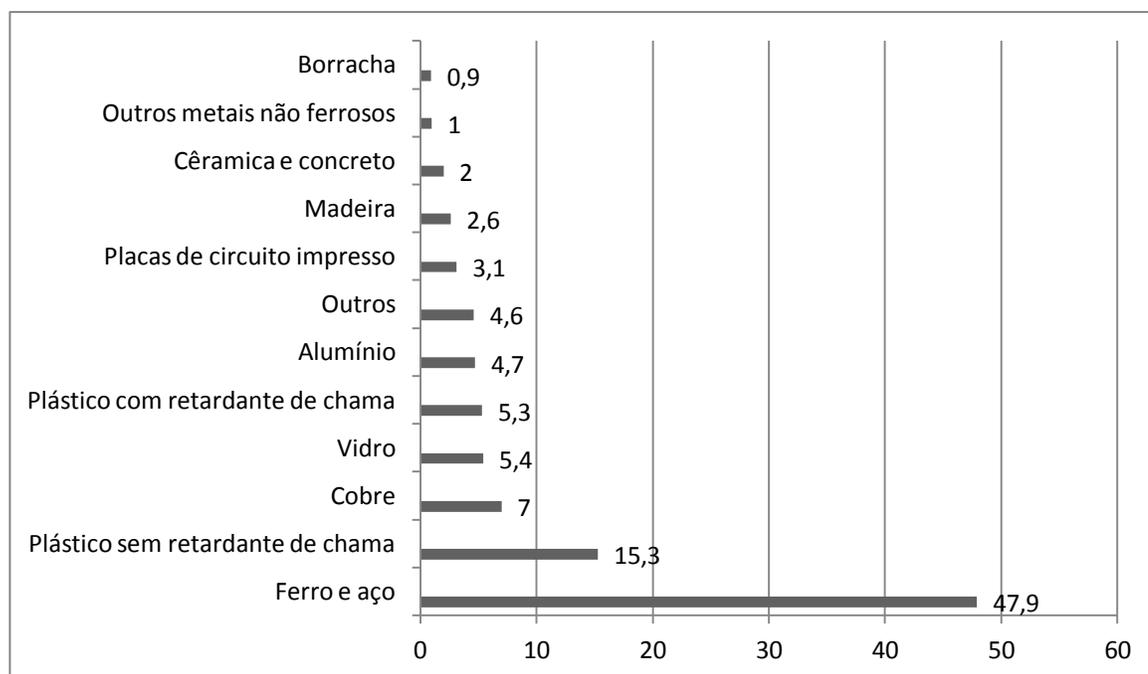


Figura 2 - Composição de REEE (% do peso)

Fonte: Widmer et al, 2005.

Os plásticos são um material importante na fabricação de EEE devido a suas propriedades de isolamento elétrico, resistência, flexibilidade e durabilidade. A Tabela 6 apresenta os tipos de plástico utilizados nos equipamentos.

Tabela 6 - Plásticos utilizados em EEE⁵

Equipamentos	Plásticos
Televisão	HIPS, ABS, PPE, PVC, PC
Computador	ABS, HIPS, PPO, PPE, PVC, PC/ABS
Diversos	HIPS, ABS, PVC, PPE, PC/ABS, PC

Fonte: Babu; Parende e Basha, 2007.

Para desempenhar suas funções, os aparelhos elétricos e eletrônicos requerem a utilização de diversos elementos metálicos e não-metálicos. Atualmente, o setor elétrico e eletrônico é o principal consumidor de metais preciosos e especiais. Segundo Chancerel (2010) em 2006 foram utilizados pela indústria de EEE próximo a 12% da produção

⁵ HIPS, high-impact polystyrene; ABS, acrylonitrile butadiene styrene; PPE, polypenylene ether; PVC, polyvinyl chloride; PC, polycarbonate; PPO, polyphenylene oxide; Diversos: fax, telefone, refrigerador, etc (BABU; PARENDE e BASHA, 2007).

primária de ouro (Au), 30% da produção primária de prata (Ag) e 15% da produção primária de paládio (Pd). O setor elétrico e eletrônico utiliza cerca de 80% da demanda mundial por índio (In), 80% de rutênio (Ru) e 50% de antimônio (Sb) (UNEP e UNU, 2009).

Telefones celulares possuem 40 elementos da tabela periódica em sua composição e apesar de em uma unidade o conteúdo dos elementos serem na ordem de miligramas que em média é 250 mg de Ag, 24 mg de Au, 9 mg de Pd, 9 g de Cu (Cobre) e 3,5 g Co (Cobalto), quando se considera a magnitude da produção mundial há uma demanda total significativa por esses metais. Somando-se as vendas de 1,2 bilhões de aparelhos celulares e 255 milhões de unidades de laptops e computadores em 2007, representou 3% da provisão mundial das minas de Au e Ag, 13% de Pd e 15% de Co (UNEP e UNU, 2009).

A Tabela 7 apresenta as principais substâncias presentes em EEE (principalmente equipamentos de informática e telecomunicações) e algumas de suas aplicações.

Tabela 7 - Principais substâncias utilizadas em EEE

Substância	Principais aplicações
Alumínio (Al)	Estrutura, cabos
Antimônio (Sb)	Retardante de chamas, vidro de CRT
Arsênio (As)	Placas de circuito impressos
Bário (Ba)	Válvula eletrônica, painel de vidro de CRT
Berílio (Be)	Placas de circuito impressos, conectores
Bismuto (Bi)	Capacitores, soldas, dissipador de calor
Bromo (Br)	Retardante de chama bromado, conectores e cobertura de plásticos
Cádmio (Cd)	Bateria, semicondutor, placas de circuito Impresso, conector
Chumbo (Pb)	Soldas, Placas de circuito impressos
Cloro (Cl)	Retardante de chama clorado, conectores e cobertura de plásticos
Cobalto (Co)	Bateria recarregável
Cobre (Cu)	Cabos, condutores, conectores
Cromo (Cr)	Revestimento anticorrosivo e para resistência ao desgaste
Estanho (Sn)	Soldas em placas de circuito impresso
Ferro (Fe)	Estrutura, encaixes
Gálio (Ga)	Placas de circuito impressos, semicondutor, monitor de LCD

Continuação

Continuação

Substância	Principais aplicações
Germânio (Ge)	Placas de circuito impressos, semicondutor
Índio (In)	Monitor de LCD, soldas, semicondutores
Lítio (Li)	Baterias
Manganês (Mn)	Estrutura, CRT, placas de circuito impresso
Mercúrio (Hg)	Lâmpadas, baterias, termostatos, sensores, interruptores
Níquel (Ni)	Pilhas, estruturas, placas de circuito impresso, CRT
Ouro (Au)	Condutores elétricos, conexão, circuitos integrados, diodo, transistor
Paládio (Pd)	Capacitores, conectores, diodo, transistor
Platina (Pt)	Disco rígido, pilha termelétrica, resistor
Prata (Ag)	Contatos, interruptores, soldas
Rutênio (Ru)	Disco rígido, display de plasma
Selênio (Se)	Copiadora, célula solar, placa de circuito impresso
Tálio (Tl)	Capacitores, placas de circuito impresso
Tântalo (Ta)	Condensador
Titânio (Ti)	Estrutura, pigmentos
Vanádio (V)	CRT
Zinco (Zn)	Bateria, CRT, placas de circuito impresso

Fonte: Elaborado pelo autor com base em UNEP e UNU, 2009; BABU; PARENDE e BASHA, 2007; RODRIGUES, 2007; CHANCEREL, 2010.

Apesar de nos últimos anos estar ocorrendo a redução do conteúdo de poluentes e componentes perigosos nos EEE (WIDMER et al, 2005), algumas substâncias mesmo em pequenas quantidades podem ser altamente poluentes, como: chumbo, mercúrio, arsênio, cádmio, cromo hexavalente, trióxido de antimônio, cobalto, selênio, berílio, hidroclorofluorocarbonos (HCFC), clorofluorcarbonos (CFC), níquel, retardantes de chama bromados como éter difenil polibromados (PBDE), bifenilas polibromadas (PBB) e bifenilas policloradas (PCB) (ANDRADE, 2002; EU, 2002b; UNEP e UNU, 2009).

No ser humano essas substâncias podem causar intensas reações alérgicas, danos cerebrais e até câncer. Por exemplo, o chumbo causa danos ao sistema nervoso, sanguíneo e endócrino. O cádmio é cancerígeno, causa envenenamento e danos aos pulmões, rins, ossos e aparelho digestivo. O mercúrio danifica o cérebro, rins, fígado e tem efeitos prejudiciais aos fetos em formação. O cromo hexavalente atravessa a membrana celular, contaminando as células. O arsênio causa doenças de pele, prejudica o sistema nervoso e pode causar

câncer de pulmão. Os PBB, PBDE usados como retardantes de chama são desreguladores endócrinos, causam desordens hormonais, nervosas e reprodutivas (BABU; PARENDE e BASHA, 2007; RODRIGUES, 2007).

Alguns componentes específicos são mais preocupantes, pois concentram as principais substâncias perigosas como: os monitores CRTs, as placas de circuito impresso, fio, cabos e plásticos tratados com retardantes de chamas, lâmpadas e interruptores de mercúrio, baterias, condensadores como PCB, capacitores e resistores, sensores e conectores e fluidos e espumas de refrigeração contendo gases como o CFC e HCFC (UNEP e UNU, 2009; BABU; PARENDE e BASHA, 2007).

Refrigeradores antigos contêm CFC e HCFC que causam danos a camada de ozônio e devem ter tratamento especial para não liberar tais gases para a atmosfera (UNEP e UNU, 2009).

Monitores de CRT de televisão e computadores contêm uma quantidade significativa de chumbo (Tabela 8). Em estudo conduzido pela United States Environmental Protection Agency (USEPA), constatou uma concentração média de 18,5 mg/L de chumbo no extrato lixiviado de CRT, excedendo o limite regulador de 5,0 mg/L, o que classifica este resíduo como perigoso (USEPA, 1996⁶ apud LI et al, 2009).

O limite máximo para chumbo no extrato lixiviado de resíduos, segundo a NBR 10.004⁷, que define e classifica resíduos sólidos quanto à periculosidade, é de 1,0 mg/L (ABNT, 2004). Considerando o dado da USEPA apresentado anteriormente, os CRTs no Brasil também se enquadram na categoria de resíduos perigosos.

Tabela 8 - Chumbo em monitor de CRT

Tamanho do monitor	Chumbo (kg)
13 polegada	0,5
17 polegadas	0,7
27 polegadas	1,8
32 polegadas	2,9

Fonte: Karagiannidis et al, 2005

⁶ US Environmental Protection Agency (USEPA), 1996. SW-846 Test Methods for Evaluating Solid Wastes, Method 1311. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC.

⁷ A classificação de resíduos é realizada conforme as normas ABNT NBR 10004, ABNT NBR 10005, ABNT NBR 10006 e ABNT NBR 10007.

Atualmente os monitores CRT estão sendo gradualmente substituídos por novas tecnologias de dispositivos de tela plana, como os televisores de plasma e LCD. Estudos de Lim e Schoenung (2010) indicam que, embora em relação à toxicidade para saúde humana esses novos dispositivos são melhores que o CRTs, ao considerar a ecotoxicidade, os televisores de plasma e LCD não são melhores. Estes continuam contendo quantidades significativas de metais pesados tóxicos como Pb, Hg, Cu, As, In, Ni, Sb, Ba, Cr, Co, Mo, Ag e Zn.

Andrade (2002) constatou-se que Placas de Circuito Impresso, que são amplamente empregadas em equipamentos elétricos e eletrônicos, devem ser classificadas conforme a NBR 10.004 como resíduo perigoso, devido principalmente à presença de cádmio e chumbo lixiviável.

Os componentes que contêm os Retardantes de Chamas Bromados e Retardantes de Chamas Clorados, usados em plásticos e placas de circuito impresso de diversos equipamentos, quando em combustão podem formar outros compostos perigosos como as dioxinas e furanos (VARIN e ROINAT, 2008). A incineração de retardadores de chama bromados a baixas temperaturas (600 a 800°C) pode levar à formação de dibenzodioxinas polibromadas (PBDD) e dibenzofuranos polibromados (PBDF), que são extremamente tóxicos.

Os PBDEs apresentam alta persistência no ambiente e potencial de bioacumulação, são lipofílicos e dessa forma acumulam-se em tecido gorduroso facilitando sua distribuição no ambiente (CAI e JIANG, 2006; RAHMAN et al, 2001). Segundo RAHMAN et al, (2001) uma das principais formas para liberar os PBDEs para o ambiente é pela deposição dos produtos junto ao resíduo sólido urbano que são dispostos em aterros, potencializando a lixiviação dessas substâncias, ou quando são incinerados, potencializando a produção de dioxinas tóxicas.

No entanto, a maior fração descartada dos EEE em todo o mundo não recebe nenhum tratamento diferenciado, sendo comumente depositado junto aos resíduos domiciliares não triados (LIU, TANAKA e MATSUI, 2006; ARAÚJO, 2006; KARAGIANNIDIS et al, 2005; COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2000). Os fluxos de resíduos domiciliares normalmente têm como destino a disposição em aterros sanitários ou

a incineração. E, dependendo das características do desenvolvimento da gestão de resíduos da localidade, estes podem ser depositados em aterros controlados ou lixões e até mesmo terrenos baldios, margens de rios ou vias públicas.

A disposição desses resíduos em aterros sanitários potencializa a liberação de substâncias tóxicas como os metais pesados. Mesmo em pequenas quantidades algumas destas substâncias químicas podem ser poluentes potentes e contribuir com a formação de lixiviados e vapores tóxicos em aterros (BABU; PARENDE e BASHA, 2007; COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2000). A lixiviação e evaporação dessas substâncias são potencializadas, principalmente em condições de entrada de água da chuva, ocorrência de vários processos químicos e físicos e manejo nos aterros. Em lixões ou aterros não controlados o impacto torna-se maior, pois o lixiviado contaminado pode penetrar diretamente no solo contaminando a água subterrânea e superficial (RODRIGUES, 2003; DIMITRAKAKIS et al, 2009).

Os riscos da disposição em aterros estão relacionados à destruição de determinados dispositivos do EEE contendo mercúrio, podendo ocorrer a lixiviação e a vaporização do mercúrio e do dimetilmercúrio. Águas ácidas que se encontram em aterros, dissolvem íons de chumbo, provenientes de vidro quebrado dos cones dos CRTs, aumentando a concentração deste metal no lixiviado do aterro (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2000)

Segundo Babu; Parende e Basha (2007) são estimados que mais de 3,2 milhões de toneladas de REEE foram destinadas a aterros sanitários dos Estados Unidos em 1997, e a taxa anual está aumentando. Kahhat et al (2008) destaca que entre 2003 e 2005 a USEPA calculou que aproximadamente 80 a 85% dos REEE foram dispostos em aterros sanitários. Estima-se que os REEE contribuem com mais de 70% do total de metais pesados, como mercúrio e cádmio, e 40% do total de chumbo em aterros dos EUA (GROSSMAN, 2006⁸ apud LI et al, 2009).

A incineração em condições descontroladas, sem prévio tratamento e remoção das substâncias tóxicas, ou a queima a céu aberto, também não é um método adequado de tratamento porque pode liberar substâncias para a atmosfera. Segundo a COMMISSION

⁸ Grossman, E., 2006. High Tech Trash: Digital Devices, Hidden Toxics, and Human Health. Island Press, Washington, DC.

OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2000) a incineração de REEE contribui para o total de emissões de chumbo do incinerador e, após a incineração, 65% do chumbo encontram-se nas escórias, 35% nos resíduos e 1% no ar. A presença de cobre nos REEE funciona como um catalisador para a formação de dioxinas quando retardadores de chamas são queimados.

Riscos igualmente se evidenciam quando são empregados métodos precários de reciclagem e em condições inadequadas de segurança ocupacional, expondo à contaminação o ambiente, os trabalhadores que manipulam esses resíduos e os residentes locais, por inalação, exposição dérmica e ingestão de água e alimentos contaminados. Esses processos incluem separação manual de componentes, dissolução em fortes ácidos e queima a céu aberto (SEPÚLVEDA et al, 2010; WONG et al, 2007; CAI e JIANG, 2006).

Sepúlveda et al (2010) revisam os principais estudos sobre concentrações de Pb, PBDEs e dioxinas e furanos monitoradas no ar, água, solo, peixes e sangue humano, dentre outros meios, na China e Índia, que são os principais países onde a reciclagem informal tem significativa importância econômica. Os autores constataram que há uma relação entre a liberação de metais pesados, PBDEs e dioxinas e furanos pelos processos de reciclagem informal, e as altas concentrações dessas substâncias em lixiviados, particulados finos e grossos, sedimentos, vapores e efluentes, contaminando solo, ar, águas superficiais e subterrâneas, biota e humanos.

Na China, por exemplo, a reciclagem informal está contaminando ambiente adjacente a locais de reciclagem de REEE. Na cidade de Guiyu, localizada na Província de Guangdong, onde a reciclagem ocorre intensamente desde 1995 (ROBINSON, 2009) constatou-se que amostras de solo e água dos rios estavam contaminados com Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs), PCBs, PBDEs, Cu, Zn e Pb (WONG et al, 2007). As concentrações de Pb no ar de áreas rurais de Guiyu excederam 2,6 a 2,9 vezes os níveis em relação a locais europeus não urbanizados ($<0.15 \mu\text{g m}^{-3}$), e de 3,1 a 4,6 vezes as concentrações em algumas cidades metropolitanas como Seul e Tóquio (SEPÚLVEDA et al, 2010). Foram encontrados contaminantes em plantas, caracóis, peixes, ovos e tecidos de galinhas constatando que essas substâncias podem tornar-se uma séria ameaça a saúde humana e ao ecossistema. Níveis elevados de dioxinas foram encontrados no leite humano, placentas e cabelos (ROBINSON, 2009).

A falta de gerenciamento adequado dos REEE pode provocar degradação ambiental e afetar seriamente a saúde da população, além das perdas econômicas provenientes da não valorização desse material e perda de recursos naturais não renováveis. A composição desses produtos os torna resíduos perigosos, mas ao mesmo tempo resíduos nobres. Dessa forma é necessário que sejam implementados sistemas de gestão diferenciados aos dos resíduos sólidos urbanos comuns. Além do gerenciamento pós-consumo, a redução de substâncias tóxicas desses equipamentos é essencial para minimizar a periculosidade dos resíduos e a necessidade de posterior tratamento de elementos perigosos.

3.3. Gestão de Resíduos de EEEE

Soluções de final de processo, as chamadas tecnologias de fim de tubo, centradas na poluição gerada no processo industrial, não respondem mais a compreensão adquirida pela sociedade da complexidade do sistema produtivo e seus impactos ao ambiente. Essas mudanças estão impulsionando a substituição da equação industrial linear clássica, com altos custos para o ambiente e a sociedade, por sistemas que procuram se aproximar cada vez mais da equação circular, onde os recursos naturais são alocados com a máxima eficiência e eficácia, e retornam ao ciclo humano para gerar valor reduzindo-se os impactos ambientais.

Medidas de gerenciamento de resíduos requerem investimentos significativos por partes dos governos, indústrias e indivíduos. Investimentos não somente em tecnologia e infraestrutura, mas também em educação para transformar atitudes da sociedade em relação aos seus resíduos. A gestão ecoeficiente dos resíduos sólidos é premente para a manutenção do metabolismo urbano saudável para as populações. O Estatuto da Cidade determina que o direito ao saneamento ambiental seja condição básica para cidades sustentáveis (BRASIL, 2001). E, segundo a Agenda 21, Capítulo 21, as soluções para a problemática dos resíduos sólidos devem ser baseadas na premissa de que (CNUMAD, 1992):

“O manejo ambientalmente saudável de resíduos deve ir além da simples deposição ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados e buscar

desenvolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não-sustentáveis de produção e consumo. Isto implica a utilização do conceito de manejo integrado do ciclo vital, o qual apresenta oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente”.

Segundo a PNRS a gestão integrada de resíduos sólidos considera as decisões estratégicas “*voltadas para a busca de soluções, para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável*” (BRASIL, 2010 inciso XI, art. 3º). Com base nessa premissa há a inserção da variável ambiental de forma estratégica no processo decisório de políticas, planos e programas, que podem conduzir a mudanças significativas no modo com a sociedade se relaciona com seus resíduos.

A sociedade vem progressivamente desenvolvendo novos conceitos para lidar com as questões referentes aos impactos da produção e consumo de bens, adquirindo uma compreensão maior de que a poluição e o excesso de lixo não podem ser tomados como uma externalidade negativa inevitável, sendo o preço que toda a sociedade tem de pagar pela obtenção dos bens de consumo. E nos últimos anos houve a incorporação de novos princípios nas legislações quanto à gestão adequada do ciclo de vida dos produtos.

A Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) ou também denominada Responsabilidade Ampliada do Produtor, está se disseminando como um novo paradigma na gestão dos resíduos. A OCDE (2006) define a REP como sendo uma abordagem na política ambiental em que responsabilidade do produtor é estendida a fase de pós-consumo do ciclo de vida do produto. Leite (2009 p. 23) acrescenta que esta idéia envolve o conceito de que a cadeia industrial produtora deve se responsabilizar pelo produto “*até a decisão correta de seu destino após o uso original*”.

Aproximando esse conceito do princípio do poluidor-pagador⁹, a política de REP é caracterizada pela transferência da responsabilidade dos municípios para os produtores, com o objetivo de incluir os custos de tratamento e eliminação de resíduos no preço do produto, refletindo os impactos ambientais de todas as fases no produto (WIDMER et al, 2005).

⁹ Este princípio encontra-se estabelecido na Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938/1981, e pode-se considerar que significa que “cada gerador é responsável pela manipulação e destino final de seu resíduo”

Lindhqvist; Manomaivibool e Tojo (2008) destacam que a REP pode ser tratada como um princípio político que auxilia a desenhar políticas e que seus efeitos não se restringem apenas a destinação correta de resíduos. Argumentam que por isso a responsabilidade deve ser direcionada aos produtores, pois estes são os tomadores de decisão pela intensidade de impactos que seus produtos causarão em todo o ciclo de vida, de forma que estes impactos podem ser minimizados na fase de projeto. Assim, a REP tem dois objetivos: melhorar o desempenho ambiental dos produtos e a gestão adequada dos produtos no final de sua vida útil. Os autores entendem a definição da REP da seguinte maneira:

“Se trata de um princípio político para promover benefícios ambientais para ciclos de vida completos dos sistemas dos produtos, ao estender as responsabilidades dos fabricantes do produto a varias fases do ciclo total de sua vida útil, e especialmente a sua recuperação, reciclagem e disposição final. Um princípio político é a base para eleger a combinação de instrumentos normativos a serem implementados em cada caso em particular. A responsabilidade estendida do produtor (REP) é implementada através de instrumentos políticos administrativos, econômicos e informativos” (Lindhqvist¹⁰, 2000 apud Lindhqvist, Manomaivibool e Tojo, 2008 p. 18).

Conforme Widmer et al (2005) cinco parâmetros foram identificados como condição básica para a concepção ou caracterização de um sistema de gestão de REEE:

1. Regulamento jurídico: um aspecto importante é a existência de legislação sobre REEE, e como essa legislação foi elaborada, por exemplo, quanto detalhe é especificado sobre o gerenciamento operacional do sistema.

2. Abrangência do Sistema: Um aspecto da abrangência de um sistema de gerenciamento de REEE é saber se é coletivo (todas as marcas foram incluídas) ou individual (cada proprietário de marca é individualmente responsável por seu próprio sistema). O outro aspecto é definir se o sistema atende a todas as categorias de produto ou se haverá vários sistemas para diferentes tipos de produtos.

10 Lindhqvist, T. (2000). Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems [La REP en una producción más limpia: El principio político para la promoción de las mejoras en términos ambientales de los sistemas internos de los productos]. IIIIEE Dissertation 2000:2. (Lund: IIIIEE, Lund University).

3. Sistema de Financiamento: Este parâmetro abrange a definição de quem paga, quanto e o que será financiado. Em um extremo da escala pode ser um sistema totalmente financiado externamente, onde o encargo financeiro da coleta e reciclagem é arcado pelo usuário ou pelo produtor ou pelo município, fornecendo fundos adicionais específicos para o tratamento do produto no fim da vida útil. Por outro lado, um sistema interno seria aquele em que os custos da coleta e a reciclagem são financiados pelo próprio produto, ou seja, o preço do gerenciamento pós-consumo é embutido no preço do produto.

4. Responsabilidade do Produtor: Apesar de no projeto do sistema ser importante considerar a responsabilidade que o produtor irá assumir, esse aspecto envolve a definição em quais pontos e como essa responsabilidade é assumida na prática. Mesmo que cada produtor possa ser individualmente responsável por seus produtos, os fabricantes podem se unir para formar um sistema de gerenciamento de REEE coletivo. Sistemas flexíveis permitem tanto para sistemas individuais ou coletivos a implementação da responsabilidade do produtor.

5. Garantir a Conformidade: O projeto do sistema de gerenciamento de REEE deve garantir o controle de seu cumprimento. Sanções por não-conformidade e metas de coleta ou reciclagem são usualmente utilizadas para garantir a conformidade. Um sistema pode ter maior número dessas medidas, ou um número relativamente reduzido, ou até mesmo nenhum, mas é necessário decidir como será garantida a conformidade com os objetivos do sistema.

Além das responsabilidades do produtor, definir responsabilidades claras a todos os envolvidos com o ciclo de vida dos EEE é essencial para a gestão pós-consumo. De acordo com Lim e Schoenung (2010) a gestão efetiva de REEE (mais especificamente de telefones celulares) requer como base a definição de responsabilidades do consumidor, setor privado e governo, como apresentado na Figura 3:

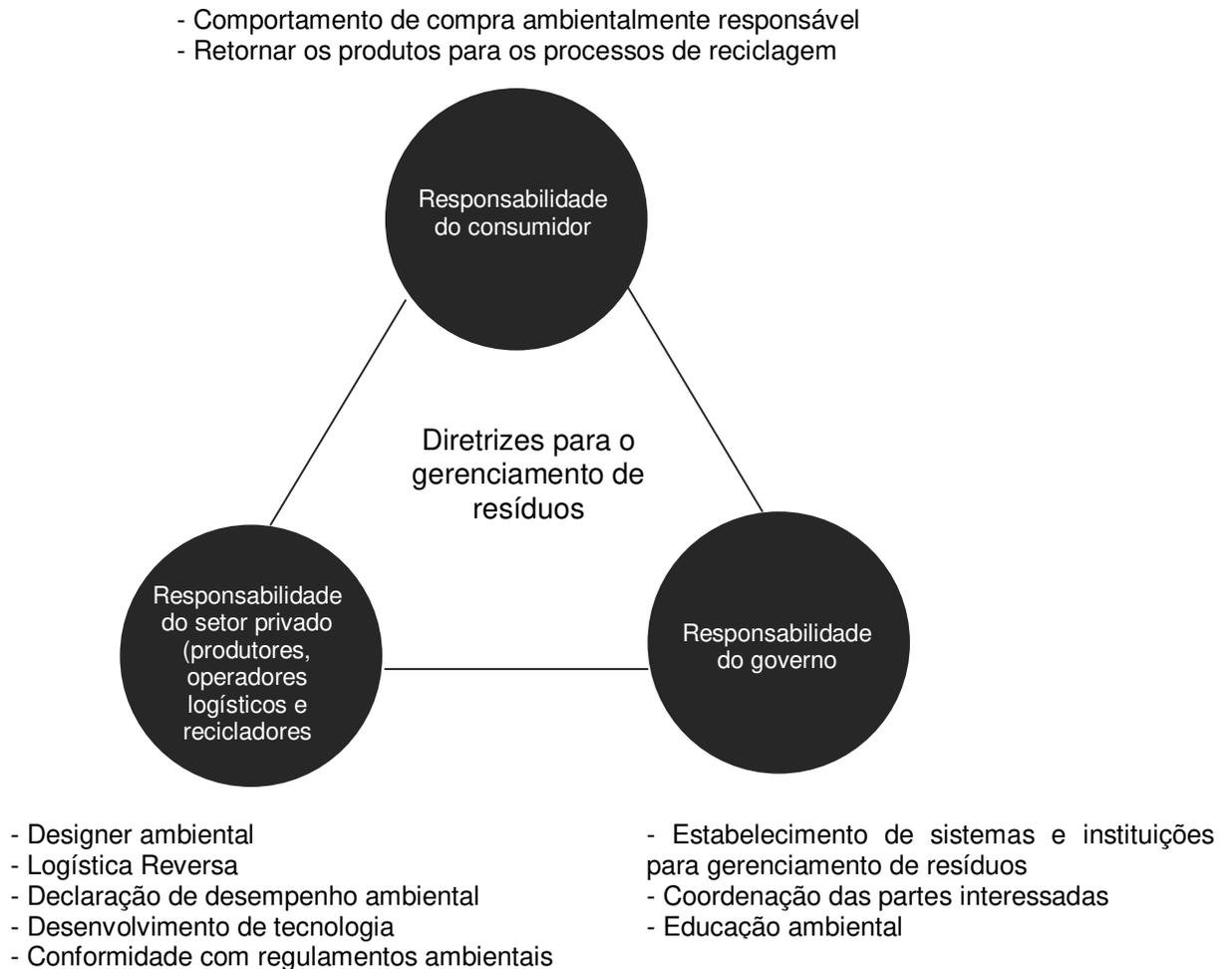


Figura 3 - Triple bottom line para uma gestão efetiva de REEE

Fonte: Adaptado de Lim e Schoenung, 2010.

As vantagens de quando se determinam responsabilidades dos atores envolvidos com a gestão de resíduos, e mais especificamente do produtor, é que se evita “*a situação em que a responsabilidade de todos termina sendo a responsabilidade de ninguém*” (LINDHQUIST; MANOMAIVIBOOL e TOJO, 2008 p. 19).

A gestão pós-consumo de REEE tem como diretrizes a prevenção, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente segura de rejeitos, bem como melhorar o desempenho ambiental de todos os agentes envolvidos com o ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010a; EU, 2002a).

A gestão integrada e o gerenciamento adequado dos REEE estão interligados com uma visão mais ampla de reduzir impactos ambientais e desenvolver uma sociedade que

aprende a equilibrar a evolução tecnológica com a gestão responsável dos produtos e dos recursos naturais (KAHHAT et al, 2008).

As soluções para o resíduo tecnológico devem ir além do simples gerenciamento do resíduo, buscando-se melhorar desempenho no manejo integrado do ciclo vital e, de tal forma, modificar os padrões de produção e consumo, tendo a sustentabilidade como princípio. Todavia, o retorno dos materiais após a fase de uso é uma das etapas para alcançar padrões sustentáveis, visto que possibilita o fluxo circular dos recursos que quando recuperados dos produtos descartados fluem pela economia humana reinserindo-se nas etapas produtivas.

3.3.1. Aspectos Legislativos para a gestão de REEE no Brasil

Atualmente a referência mundial na formulação de diretrizes para a gestão de REEE é União Européia. Regulado por duas Diretivas foram implementados sistemas obrigatórios para a coleta, reciclagem, tratamento e substituição de matérias-primas tóxicas. A Diretiva 2002/96/CE – WEEE dispõe sobre a gestão de REEE, prevê a responsabilidade de fabricantes e importadores por essas atividades, e estabelece metas crescentes de coleta e prazos para a montagem de sistemas de tratamento e recuperação dos equipamentos descartados (EU, 2002a). A Diretiva 2002/95/CE - RoHS, restringe o uso de determinadas substâncias tóxicas e perigosas na fabricação dos produtos (EU, 2002b).

Não obstante a legislação ambiental brasileira ser uma das mais desenvolvidas e atualizadas do mundo, até a recente aprovação da PNRS, as regulamentações federais sobre o tema resíduos distribuídas em leis, decretos, portarias e resoluções, estavam dispersas, genéricas e/ou deficitárias. A principal limitação é que não existiam princípios, objetivos e instrumentos que norteassem a gestão de resíduos, e por não prescreverem mecanismos que viabilizem sua plena implantação ou pela ineficácia e/ou inexistência de fiscalização.

A não existência de uma política federal de resíduos sólidos dificultava a aplicação da normatização legal já existente, e também gerava “*considerável insegurança jurídica nos*

atos da administração pública e privada” (SELUR; ABLP e PricewaterhouseCoopers, 2010).

A legislação ambiental brasileira, por meio da Lei de Política Nacional do Meio Ambiente - Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981) - oferece uma importante base normativa que em princípio responsabilizaria todo e qualquer poluidor, sejam pessoas físicas ou jurídicas, pela degradação ambiental, exigindo-lhes o ônus da reparação, prevenção ou precaução. Desta forma, implicitamente responsabiliza os fabricantes por seus resíduos pós-consumo, pois prevê a responsabilidade civil objetiva pelos danos causados ao meio ambiente, e a responsabilidade solidária entre aqueles que direta e indiretamente praticaram a conduta lesiva ao meio ambiente (DIAS e MORAES FILHO, 2008). Porém, a falta de regras explícitas, fiscalização e estrutura tornavam esses princípios da lei pouco efetivos no caso de resíduos pós-consumo.

Políticas Estaduais de Resíduos foram implementadas por alguns Estados como Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Sul Alagoas, Espírito Santo, Pernambuco e São Paulo, anteriormente a PNRS, o que representou um avanço pró-ativo para o enfrentamento do problema. Porém, apesar da Constituição Federal prever a competência concorrente para os estados legislares sobre meio ambiente (ANTUNES, 2008) estas leis acabavam por ter alcance restrito devido à falta de respaldo de uma política nacional que oferecesse um regramento mais uniforme em todo o território nacional.

Essa limitação das discussões em torno da problemática dos resíduos e a lacuna existente na legislação federal para co-responsabilizar todos os agentes pela gestão de seus resíduos, implicou em entraves nas discussões e demora em firmar soluções concretas para a questão dos REEE.

Foi regulamentada a responsabilidade pós-consumo de fabricantes e importadores apenas para pilhas e baterias com a Resolução CONAMA Nº 257, de 30 de junho de 1999. Esta resolução estabeleceu que pilhas e baterias que contenham em sua composição chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos sejam destinadas corretamente após o esgotamento energético, devendo os usuários retorná-las aos estabelecimentos que as comercializem ou redes de assistência técnica autorizada. Porém, em seu artigo 13 permitia que fossem descartadas indiscriminadamente nos resíduos domiciliares, caso atendessem limites de substâncias fixados em lei (BRASIL, 1999). A Resolução CONAMA Nº 401, de

04 de novembro de 2008 revogou a resolução N° 257 estabeleceu os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado (BRASIL, 2008). Porém o estabelecimento destes limites de certa forma desobrigou os fabricantes e importadores a instalarem pontos de entrega voluntária, causando confusão aos usuários devido a falta de informações consistentes sobre quais tipos de pilhas deveriam ser destinadas de forma diferenciada e onde destinar estes produtos.

Um esforço normativo na esfera estadual para o enfrentamento do problema dos REEE é a Lei N° 13.576, de 6 de julho de 2009 do Estado de São Paulo. Esta lei institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico (SÃO PAULO, 2009a). Essa Lei respalda-se na Política Estadual de Resíduos, Lei 12.300 de 16 de março de 2006 que prevê maior responsabilidade para os geradores de resíduos perigosos (SÃO PAULO, 2006). Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto n° 54.645 de 05 de agosto de 2009 (SÃO PAULO, 2009b), neste decreto no art. 19 cita que:

“Os fabricantes, distribuidores ou importadores de produtos que, por suas características, venham a gerar resíduos sólidos de significativo impacto ambiental, mesmo após o consumo desses produtos, ficam responsáveis, conforme o disposto no artigo 53 da Lei n° 12.300, de 16 de março de 2006, pelo atendimento das exigências estabelecidas pelos órgãos ambientais e de saúde, especialmente para fins de eliminação, recolhimento, tratamento e disposição final desses resíduos, bem como para a mitigação dos efeitos nocivos que causem ao meio ambiente ou à saúde pública” SÃO PAULO, 2009b, art. 19).

Para fins do disposto no artigo 19, do Decreto Estadual n° 54.645, de 05.08.2009, a Resolução SMA 38 de 02 de agosto de 2011 estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental. No art. 1 desta resolução cap. I aponta pilhas e baterias, produtos eletroeletrônicos e lâmpadas contendo mercúrio como produtos que após o consumo resultam em resíduos considerados de significativo impacto ambiental (SÃO PAULO, 2011).

A proposta da Lei N° 13.576, de 6 de julho de 2009, obriga as empresas em caráter solidário que produzem, comercializam ou importem produtos e componentes eletroeletrônicos a darem destinação final adequada ao lixo tecnológico, considerado como

resíduo perigoso, ou seja, resíduos que segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) devem ter tratamento diferenciado. A destinação final dos REEE preconizada nesta Lei deve ser: a reciclagem e aproveitamento do produto ou componentes para a finalidade original ou diversa; a reutilização total ou parcial de produtos e componentes tecnológicos; e, a neutralização e disposição final apropriada dos componentes tecnológicos equiparados a lixo químico. Deve ser garantida a informação ao consumidor na embalagem ou rótulo dos produtos elétricos e eletrônicos comercializados no Estado (SÃO PAULO, 2009a).

Porém, não existindo uma base legal nacional uniforme, com uma Lei Estadual mais restritiva as empresas poderiam alegar que esta norma desfavorece a competitividade. Dessa forma, a PNRS é um marco legal que representa um avanço para a proposição de soluções para a problemática dos REEE a nível nacional. Foi aprovada em 2010, depois de mais de 15 anos de discussões, apresenta obrigações e reparte responsabilidades para determinados produtos pós-consumo.

A Lei da PNRS dispõe sobre a base geral de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações, bem como estabelece responsabilidades dos geradores, do poder público e da sociedade civil, e instrumentos econômicos aplicáveis visando à gestão integrada e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Os princípios e objetivos presentes na Lei são fundamentais para implementar a gestão dos resíduos sólidos considerando a visão sistêmica, a ecoeficiência, a cooperação, a responsabilização, a redução de resíduos, o acesso a informação e controle social e o estímulo a padrões mais sustentáveis de produção e consumo (BRASIL, 2010a).

Foram atribuídas as responsabilidades pelo ciclo total dos produtos tornando regra o princípio da responsabilidade compartilhada, com atribuições específicas a cada um dos envolvidos com a geração de resíduos. A responsabilidade compartilhada é definida pela PNRS como:

“conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos” (BRASIL, 2010a, inciso XVII art. 3º).

Essa Responsabilidade Compartilhada insere a REP para os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, delimitando-lhes funções no sistema de gestão de resíduos. Ao estabelecer a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo (BRASIL, 2010a, art. 30):

- “I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental”.

A REP possibilitará acelerar a transição para novos padrões de referência de produtos e de processos no Brasil, transformando o contexto no qual as empresas operam e as demandas ambientais dos consumidores (MANZINI e VEZZOLI, 2005), bem como a sociedade poderá compartilhar o ônus econômico do desenvolvimento de sistemas adequados de gerenciamento de resíduos entre o poder público e o setor privado.

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm responsabilidades que envolvem o investimento em melhorias no desempenho ambiental dos produtos. Segundo a Lei, o produto deve ser projetado para que ao longo de seu ciclo de vida gere a menor quantidade possível de resíduos sólidos e, seja facilitada à reutilização, à reciclagem ou outra forma de destinação ambientalmente adequada pós-consumo. Ainda compete a estes agentes a *“divulgação de informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos”* (BRASIL, 2010a, inciso II, alínea b, art. 31).

A PNRS determina que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes estruturem e implementem sistemas de logística reversa para os produtos pós-consumo, independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Esta determinação se estende aos seguintes produtos pós-consumo: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso constituam resíduo perigoso; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010a).

Para produtos não incluídos no sistema de logística reversa os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes tem o compromisso de participar das ações previstas no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, quando firmados acordos ou termos de compromisso com o Município (Ibid, 2010a).

Dessa forma, fica estabelecido em Lei que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de EEE devem recolher os produtos após o uso e assegurar destinação final ambientalmente adequada.

O financiamento para a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa fica sob encargo do setor empresarial responsável. Mas, o poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender às iniciativas de estruturação de logística reversa (Ibid, 2010a).

Para operacionalizar o sistema de logística reversa, os agentes responsáveis poderão, entre outras medidas: implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados; disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis; atuar em parceria com cooperativas ou associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (Ibid, 2010a).

A Lei indica as responsabilidades de cada agente na cadeia de fluxo reverso de REEE pós-consumo (Ibid, 2010a):

- **Consumidores:** deverão efetuar a devolução após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos.
- **Comerciantes e distribuidores:** deverão efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos reunidos ou devolvidos nas operações de logística reversa.

- **Fabricantes e importadores:** darão destinação ambientalmente adequada aos produtos reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada.

- **Titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos:** poderá por acordo setorial ou termo de compromisso firmado com o setor empresarial, encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa.

Todos os participantes dos sistemas de logística reversa (com exceção de consumidores) deverão manter informações atualizadas sobre as ações que lhes competem disponíveis ao órgão municipal e a outras autoridades (Ibid, 2010a).

O acordo setorial segundo a definição da PNRS é “*ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes*” (BRASIL, 2010a, inciso I, art. 3º). Ao encarregar-se das atividades do sistema de logística reversa o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos deve ser devidamente remunerado em acordo firmado previamente.

Os acordos setoriais ou termos de compromissos podem ter abrangência nacional, regional, estadual ou municipal, prevalecendo às regras do acordo firmado com o maior nível de abrangência (BRASIL, 2010a).

No âmbito da responsabilidade compartilhada o município passa a ter um papel importante de articulador com os agentes econômicos e sociais para viabilizar o retorno dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos ao ciclo produtivo (Ibid, 2010a).

Após a aprovação da Lei da PNRS o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) deverá normatizar a questão da gestão de REEE. Com estes elementos estabelecidos os fabricantes, importadores, comerciantes, poder público e sociedade civil poderá estabelecer a estrutura de gerenciamento adequada para os REEE.

Para a regulamentação dos REEE é importante que contenha elementos quanto aos papéis dos agentes envolvidos, à estrutura de gerenciamento, instrumentos para garantir a conformidade, aspectos operacionais dentre outros. A Diretiva 2002/96/CE (EU, 2002a) expõem diretrizes mínimas sobre: a REP; o papel do consumidor; a coleta seletiva; o

tratamento; os locais de tratamento; a hierarquia de tratamento; o financiamento da gestão; sistema de financiamento; a cobertura do sistema; informação aos consumidores; informações sobre os REEE; cumprimento dos dispositivos legais; indicadores do gerenciamento; aspectos de acordo entre poder público e setores privados.

O Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, veio regulamentar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Este Decreto cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. O decreto estabelece normas para a PNRS e como deverá ser implementada pelos agentes responsáveis (BRASIL, 2010b).

3.4. Gerenciamento de REEE

O gerenciamento de REEE refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais para a implementação das soluções para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos. De acordo com a PNRS é o “*conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos*” (BRASIL, 2010a inciso X, art. 3º).

Huisman; Stevels e Stobbe (2004) enfocam que o gerenciamento dos REEE obtêm os seguintes benefícios:

- Redução de materiais que são dispostos em aterros sanitários, e minimização do espaço ocupado por aterros.
- Reciclagem para conservar o valor econômico e ambiental dos materiais e evitar extração de novos recursos.
- Redução de emissões de substâncias ambientalmente relevantes, por lixiviação em locais de aterros, escória de incineração e gases originados de processos combustão.

Segundo a Lei 13.576 de 6/07/2009 do Estado de São Paulo, Art. 3º, a destinação final do lixo tecnológico, ambientalmente adequada, dar-se-á mediante (SÃO PAULO, 2009a art. 3º):

- “I - processos de reciclagem e aproveitamento do produto ou componentes para a finalidade original ou diversa;
- II - práticas de reutilização total ou parcial de produtos e componentes tecnológicos;
- III - neutralização e disposição final apropriada dos componentes tecnológicos equiparados a lixo químico”.

A PNRS determina como destinação ambientalmente adequada: reutilização, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a)

O gerenciamento dos REEE pós-consumo constitui-se de diversas etapas para garantir que os resíduos fluam para a sua reintegração ao processo produtivo, por meio de reuso, remanufatura ou reciclagem e para evitar impactos adversos por meio da disposição final ambientalmente segura.

Para tanto a PNRS estabelece a logística reversa como instrumento para viabilizar o fluxo reverso dos EEE pós-consumo ao setor empresarial. A Lei da PNRS define logística reversa como sendo um:

“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010a, inciso XII, art. 3º).

Para se estruturar o sistema de logística reversa é importante entender as diferentes possibilidades de destinação após esses produtos serem descartados pela sociedade, pois é necessário que estes produtos tenham uma destinação diferenciada dos demais resíduos sólidos urbanos.

3.4.1. Gerenciamento das etapas pós-consumo dos REEE

Os fluxos pós-consumo são um fator decisivo para o gerenciamento dos resíduos. Como discutido anteriormente, após a venda o produto vai desempenhar suas funções por determinado período de tempo, que depende das condições de uso e também por considerações subjetivas do consumidor em relação ao fim da vida útil do produto. Depois de esgotada a finalidade original do EEE para o usuário, este pode optar pelas seguintes destinações: o reparo, a atualização, a venda ou doação o que propicia um segundo ciclo de uso; o armazenamento, a espera de uma futura oportunidade de uso, reparo ou troca; ou, o descarte, o que transforma o equipamento em resíduo sólido urbano ou produto pós-consumo (USEPA, 2008). A opção por qual será a opção de destinação do produto pós-consumo é determinada por diversos fatores motivacionais como existência de legislação, estrutura e o acesso a coleta diferenciada destes bens, sensibilização ecológica, conhecimento, aspectos econômicos e tecnológicos, entre outros.

Adaptando-se a estrutura adotada pela USEPA (2008), o ciclo de vida do produto, a partir da fase de uso, começa quando o produto é comprado novo e termina com sua destinação final.

A primeira fase começa com o comprador ou primeiro usuário do produto. Segundo Babbitt et al. (2009), o primeiro uso é o período que corresponde do tempo da venda até o fim de uso pelo primeiro usuário.

A fase 2 começa após finalizar a utilidade do produto para o primeiro usuário e o produto é doado ou vendido a outrem para reutilização, ou pode ser armazenado durante um período de tempo, ou pode haver a combinação de ambos os procedimentos. O que caracteriza a Fase 2 é a transferência do produto de indivíduo a indivíduo, como um presente ou uma venda. Mas esta transferência não pode ser intermediada por terceiros, como um reciclador de eletro-eletrônicos, revendedores de usados, ou organizações de doação, pois nesta fase o produto ainda não é considerado um resíduo (USEPA, 2008). De acordo com Babbitt et al. (2009), este é o tempo de uso total, que é o período que se estende da venda até o fim do uso pelo último usuário, incluindo a reutilização.

A Fase 3 é o momento em que ocorre o gerenciamento pós-consumo do EEE, onde o último usuário opta por remover o produto da residência ou empresa, que pode ser resultado do desejo do consumidor em substituir o EEE ou não utilizar mais o produto ou removê-lo do local de armazenamento. Em suma, é neste momento que o EEE passa a ser considerado um resíduo, e será transferido a um terceiro, como um intermediário do setor de materiais recicláveis ou organização de doação, ou será disposto como resíduo sólido. O intermediário poderá vender o produto para reutilização ou destiná-los a reciclagem. O processo de reciclagem resultará na recuperação de materiais que serão utilizados para fabricar novos produtos, e em rejeitos (USEPA, 2008).

Dessa forma, considera-se que o tempo de vida total mais comum para os EEE corresponde ao uso, reutilização, o armazenamento e a destinação final, ou seja, do período da venda até a coleta como resíduo (BABBITT et al, 2009).

A Figura 4 ilustra este modelo de estrutura simplificada para o ciclo de vida dos EEE.

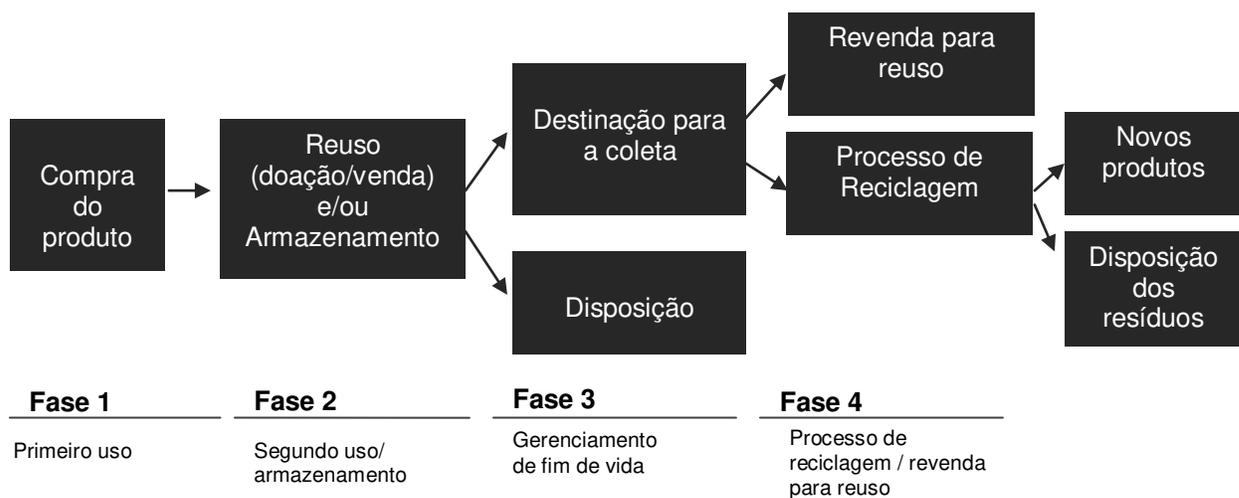


Figura 4- Modelo de ciclo de vida dos EEE da fase de uso ao descarte

Fonte: adaptado de USEPA, 2008.

Em pesquisas sobre o destino pós-consumo de REEE na Grécia Karagiannidis et al (2005) indicam que para determinadas categorias de EEE, como grandes eletrodomésticos, equipamentos de tecnologias da informação ou bens de consumo, o fluxo segue a estrutura

descrita na Figura 4, porém pequenos eletrodomésticos são prontamente tratados como resíduos ao término da sua vida útil.

Segundo esta pesquisa, em 2002 cerca de 40% de eletrodomésticos grandes pós-consumo foi disposto diretamente em aterros, 30% doado ou vendido, aproximadamente 20% armazenado e até 10% foi destinado a sucateiros, que separam somente algumas partes, enviando o restante para aterro. Para equipamentos de tecnologia da informação e telecomunicação, a porcentagem de computadores e telefones celulares pós-consumo que foram dispostos em aterros está pouco acima de 20%, 40% foram doados ou revendidos para a reutilização, e outros 40% foram armazenados pelos proprietários. Porcentagens pequenas de equipamentos de consumo foram dispostas em aterros para resíduos, aproximadamente 35%. Ao contrário, pequenos eletrodomésticos são diretamente dispostos em aterros, com porcentagens de até 80% (KARAGIANNIDIS et al, 2005).

A USEPA (2000) destaca que nos Estados Unidos 70% dos EEE fora de uso ficam armazenados por 3 a 5 anos. Muitos consumidores não destinam para a reutilização ou reciclagem ou descartam imediatamente determinados EEE na fase de primeiro uso, considerando que estes produtos ainda retêm um valor monetário para se recuperar parte do investimento inicial. O armazenamento, todavia, retarda a fase de reutilização e do retorno do material ao ciclo de produção. Outro fator que determina o armazenamento é o consumidor não saber onde destinar o produto obsoleto.

Não havendo sistema de coleta específico para os REEE, como vem ocorrendo no Brasil, as opções para o descarte destes resíduos não garantem o tratamento adequado para eliminar os riscos e os REEE podem facilmente desviar-se para o setor de reciclagem informal. Dentro do atual contexto brasileiro as alternativas para destinação são: junto aos resíduos domiciliares coletados pelo serviço de limpeza urbana; operações especiais dos serviços de limpeza urbana para resíduos volumosos; a doação a catadores, cooperativas ou organizações de materiais recicláveis; a venda a intermediários da cadeia de reciclagem; junto a outros materiais recicláveis em pontos de entrega voluntária. E, quando existentes, pode se optar pela disposição em programas voluntários de coleta dos fabricantes. Contudo, como discutido anteriormente, o mais habitual é dispor os REEE no junto aos resíduos domiciliares em geral.

A Figura 5 ilustra a disposição de REEE junto ao resíduo domiciliar no município de Piracicaba, destinado ao aterro sanitário. E encontram-se, também, esses produtos descartados em locais de depósito clandestino, como margens de vias públicas no município de Piracicaba (Figura 6). O computador foi abandonado à margem de uma estrada e houve a quebra do monitor de CRT e consequente potencializa a liberação de chumbo e outras substâncias tóxicas.



Figura 5 - REEE disposto junto ao resíduo domiciliar em Piracicaba
Fonte: arquivo pessoal.



(a)



(b)

Figura 6 - Computador descartado à margem de rodovia em Piracicaba, SP e detalhe do vidro do monitor quebrado
Fonte: arquivo pessoal.

Com base no ciclo de vida do EEE, as opções de fluxos que os REEE podem seguir de acordo com a realidade brasileira e com a opção de um sistema genérico de logística reversa, como mostra a Figura 7.

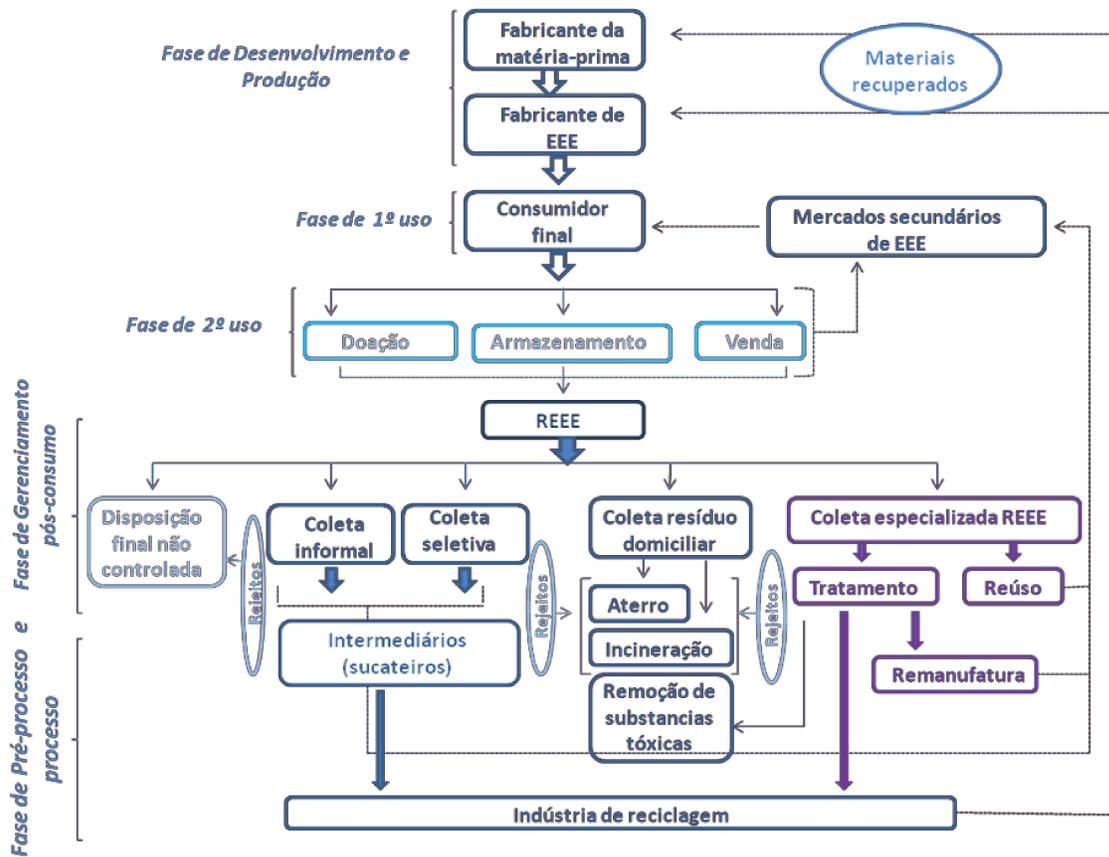


Figura 7- Etapas pós-consumo dos REEE

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Leite, 2006; USEPA, 2008, Chancerel, 2010; Rodrigues, 2007.

Após finalizar as fases de primeiro e segundo uso, os REEE são descartados ou disponibilizados pelo usuário, iniciando-se as fases de gerenciamento pós-consumo, como explicitado anteriormente.

Quando são disponibilizados, os REEE podem ser coletados por um dos tipos de coletas apresentadas na Figura 7. Segundo a Diretiva 2002/96/CE é indispensável um tratamento específico dos REEE, para evitar a dispersão de poluentes no material reciclado ou no fluxo de resíduos. Os estabelecimentos ou empresas que realizam operações de

tratamento de REEE devem cumprir normas mínimas de segurança para prevenir os impactos ambientais negativos decorrentes da atividade (EU, 2002a).

Na coleta de resíduo domiciliar os REEE são enviados diretamente para aterro sanitário ou controlado, para incineração ou para um lixão, que é o caso de vários municípios brasileiros.

A coleta seletiva é aqui entendida como a coleta realizada pelo sistema oficial de gerenciamento de resíduos urbanos municipais para os resíduos domiciliares recicláveis, mas que não é especializada para processar REEE. No geral, é realizada por cooperativa de materiais recicláveis que não tem estrutura adequada e condições técnicas e de segurança ocupacional para manipular REEE. Tal como ocorre na coleta informal, que pode ser realizada por intermédio de “ferros-velhos”, “sucateiros”, “carroceiros” ou catadores informais, dentre outros intermediários que não são especializados no processamento de REEE e dessa forma não utilizam as melhores técnicas disponíveis para evitar impactos adversos. Nesses casos, a manipulação desses resíduos pode ocasionar na contaminação do ambiente, dos trabalhadores e da população local, e os rejeitos provenientes das operações de processamento dos REEE podem ter uma disposição final não controlada.

A disposição final não controlada é entendida, aqui, como o despejo de REEE em lixões, terrenos baldios, margens de rios, via públicas, córregos, dentre outros.

Dessa forma, considera-se que a coleta especializada para REEE é *“é a condição prévia para garantir um tratamento e reciclagem específicos dos REEE”* (EU, 2002a).

O tratamento, segundo a Diretiva 2002/96/CE, envolve operações realizadas após a entrega dos REEE a uma instalação para fins de descontaminação ou remoção de substâncias tóxicas, desmontagem, separação, recuperação ou preparação para a disposição (EU, 2002a).

Para tanto, a logística reversa, de acordo com Leite (2009), deverá planejar, operar e controlar o fluxo de retorno dos REEE pós-consumo, classificados em função de seu estado de vida e origem como:

- Em condições de uso: o produto em condições de estender a vida útil é direcionado ao reuso em mercados secundários de EEE até o fim da vida útil.
- Fim de vida útil: os REEE serão direcionados a remanufatura e reciclagem.

O reuso é a extensão do uso do EEE pós-consumo para a mesma função para o qual foi concebido (LEITE, 2009). É utilizado como sinônimo para reutilização que é definida como “*processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química*” (BRASIL, 2010a inciso XVIII, art. 3º).

A remanufatura é o reaproveitamento dos REEE em suas partes essenciais substituindo-se alguns componentes complementares e reconstituindo-se o equipamento com a mesma finalidade do original (LEITE, 2009). Os componentes em condições de uso são enviados para o mercado secundário ou para o próprio fabricante para ser incorporado em produtos novos.

A reciclagem é o “*processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos*” (BRASIL, 2010a inciso XIV, art. 3º). Por meio da reciclagem os materiais constituintes dos REEE transformam-se em matérias primas secundárias ou recicladas que serão incorporadas no processo produtivo de novos produtos (LEITE, 2009).

Os rejeitos que são os “*resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada*¹¹” (BRASIL, 2010a, inciso XV, art. 3º), são destinados aos aterros sanitários.

Para que a reutilização e a reincorporação de materiais ao ciclo produtivo ocorra de forma eficiente é necessário estruturar etapas de gerenciamento pós-consumo. Apesar das particularidades de cada país, pode-se considerar que a estrutura básica e as etapas do sistema de gerenciamento são similares e envolvem: a coleta; a reutilização; e o tratamento.

Segundo Chancerel (2010) para o gerenciamento de REEE, o sistema reverso dos REEE apresenta uma entrada, que começa na fase de uso, e três saídas: recuperação, reutilização e descarte de rejeitos.

¹¹ Definido pela Lei 12.305, de 02/08/2010 inciso VIII art. 3º como a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010a)

A etapa da **coleta** é de importância fundamental porque determina a quantidade de material que será recuperada. A coleta seletiva especializada para REEE, ou seja, separada dos demais resíduos sólidos domiciliares é condição básica para a reciclagem e reuso dos REEE (UNEP e UNU, 2009). O investimento em instalações para a reciclagem de REEE só é sustentável quando há um sistema de coleta eficiente.

Segundo Chancerel (2010) os modelos aplicados para a coleta podem ser:

- Sistemas de entrega voluntária como: locais de coleta permanentes, com horários de abertura fixos; recipientes em locais públicos ou privados; ou eventos temporários para coleta de REEE;
- Coleta na residência do último usuário, que pode ocorrer opcionalmente em conjunto com outros resíduos, sendo separado posteriormente; e,
- Coleta a distância onde o usuário envia o REEE por meio de postagem por correio para o coletor.

Após a coleta, os REEE são geralmente pré-processados para gerar fluxos relevantes de materiais que serão enviados às fases reuso e tratamento (reciclagem e remanufatura) e disposição final. Quando não são coletados de forma seletiva os REEE não entram na cadeia de recuperação (CHANCEREL, 2010).

A **reutilização** é a etapa em que o material da coleta após ser triado e classificado em condições de uso, é reinsertado no mercado de bens de segunda mão ou doado, estendendo a utilização do equipamento ou de componentes para um novo ciclo de uso, até atingir o fim da sua vida útil (EU, 2002a; CHANCEREL, 2010; LEITE, 2009). Neste trabalho entende-se que podem ocorrer duas formas de reutilização para os EEE: aquela em que o produto é doado ou vendido diretamente pelo primeiro usuário sem intermediário, onde o EEE não é descartado como um resíduo; e o reuso quando o produto é descartado como um resíduo, mas ainda apresenta condições de uso.

O **tratamento** engloba as operações (UNEP, 2007; UNEP e UNU, 2009; CHANCEREL, 2010; LEITE, 2009):

- Pré-processo: descontaminação/desmontagem: é feito manualmente. Inclui as etapas de:

- - Remoção de partes que contêm substâncias perigosas/tóxicas (ex: CFCs, Hg, PCB).
- - Remoção de partes acessíveis que contêm substâncias valiosas (ex: cabo contendo cobre, aço, ferro e partes que contêm metal precioso).
- - Segregação de substâncias perigosas/tóxicas e remoção das partes mais facilmente acessíveis.
- - Separação de componentes para remanufatura.
- Segregação de metais ferrosos, metais não ferrosos e plásticos: Esta separação é geralmente realizada após trituração seguida por processo de separação mecânica e magnética.
- Reciclagem/recuperação de materiais valiosos: posteriormente as frações de REEE constituídos por metais ferrosos e não ferrosos após a segregação são recuperados. Os metais ferrosos são fundidos em fornos elétricos a arco, metais não ferrosos e metais preciosos são fundidos em plantas fundição.
- Tratamento/disposição de resíduos e materiais perigosos: após passar por trituração, a fração leve é disposta em aterros sanitários ou incinerada; os CFCs são removidos e tratados termicamente, as PCBs são incineradas, o mercúrio pode ser reciclado.

3.4.2. Logística reversa e requisitos para implantação no Brasil

O gerenciamento dos REEE pós-consumo constitui-se de diversas etapas para garantir que os resíduos fluam para a sua reintegração ao processo produtivo, por meio da reutilização, remanufatura ou reciclagem e para evitar impactos adversos por meio da disposição final ambientalmente segura.

Para tanto a PNRS estabelece a logística reversa como instrumento para viabilizar o fluxo reverso dos EEE pós-consumo ao setor empresarial. A Lei da PNRS define logística reversa como sendo um:

“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010a inciso XII, art. 3º).

Segundo Leite (2009 p.17) entende-se:

“logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós -consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, dentre outros”.

Rogers e Tibben-Lembke (1998) referem que a logística reversa é o processo de movimentar bens pelo “caminho contrário”, ou seja do consumidor para o fornecedor, com a finalidade de recapturar valor ou realizar a disposição final.

A logística reversa se divide em duas categorias: logística reversa de pós-venda e logística reversa de pós-consumo (LEITE, 2009; ROGERS e TIBBEN-LEMBKE,1998).

A logística reversa de pós-venda se ocupa da “*operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes aos bens de pós-venda, não usados ou com pouco uso*” (LEITE, 2009 p. 18) que retornam aos diversos elos da cadeia de distribuição direta (distribuidores, revendedores, assistências técnicas dentre outros), que se tornam parte dos canais reversos pelos quais os produtos fluem para o retorno ao ciclo produtivo ou de matéria-prima. Nesse canal os bens são provenientes de devoluções, erros no processamento de pedidos, garantia dada pelo fabricante, defeitos ou falhas de funcionamento, avarias no transporte, excesso de estoque, dentre outros (LEITE, 2009).

A logística reversa de pós-consumo (LEITE, 2009 p. 18-19):

“equaciona e operacionaliza igualmente o fluxo físico de e as informações correspondentes de bens de pós-consumo descartados pela sociedade em geral, que retornam para o ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo por meio de canais de distribuição reversos específicos. Seu objetivo estratégico é agregar valor a um produto logístico constituído por bens inservíveis ao proprietário original ou que ainda possuam condições de utilização, por produtos descartados pelo fato de terem chegado ao fim da vida útil e por resíduos industriais.

O interesse deste trabalho é estudar a logística reversa de pós-consumo, organizada para planejar, operar e controlar o retorno de REEE e seus materiais constituintes ao ciclo produtivo de forma a minimizar impactos ao ambiente e a saúde pública.

No Ciclo de Vida do Produto, o produto vai seguir seu canal de distribuição normal, do fabricante ao consumidor até cessar sua vida útil. Quando esta etapa é atingida começa a distribuição inversa do produto pelo canal de logística reversa.

De acordo com Achillas et al (2010) a logística reversa é um dos parâmetros mais importantes no gerenciamento de REEE e chega a corresponder por 50% a 70% do total de custos do sistema. Conforme o autor, esse custo é relativamente alto, principalmente quando se compara com o custo de logística de um produto novo, que representa de 10% a 15% do seu preço. Dessa forma, otimizar custos de logística reversa se torna essencial para a sustentabilidade do sistema.

Rogers e Tibben-Lembke (1998 p. 42) mencionam que um executivo descreve as dificuldades de gerenciar o processo de retorno de produtos pós-consumo dizendo *“Você sabe, este material não é igual a vinho bom. Não fica melhor com idade”*. Dessa forma, fator preponderante para se estruturar um sistema de logística reversa é o macroambiente empresarial onde atuam as principais forças influenciadoras para que as empresas planejem redes reversas, de acordo com Darby e Obara (2005) a legislação influencia fortemente em mudanças nas práticas de gerenciamento de resíduos, e a estratégia de logística reversa adotada será também influenciada por tais fatores. A Figura 8 considera os fatores de influência para a estruturação da logística reversa:

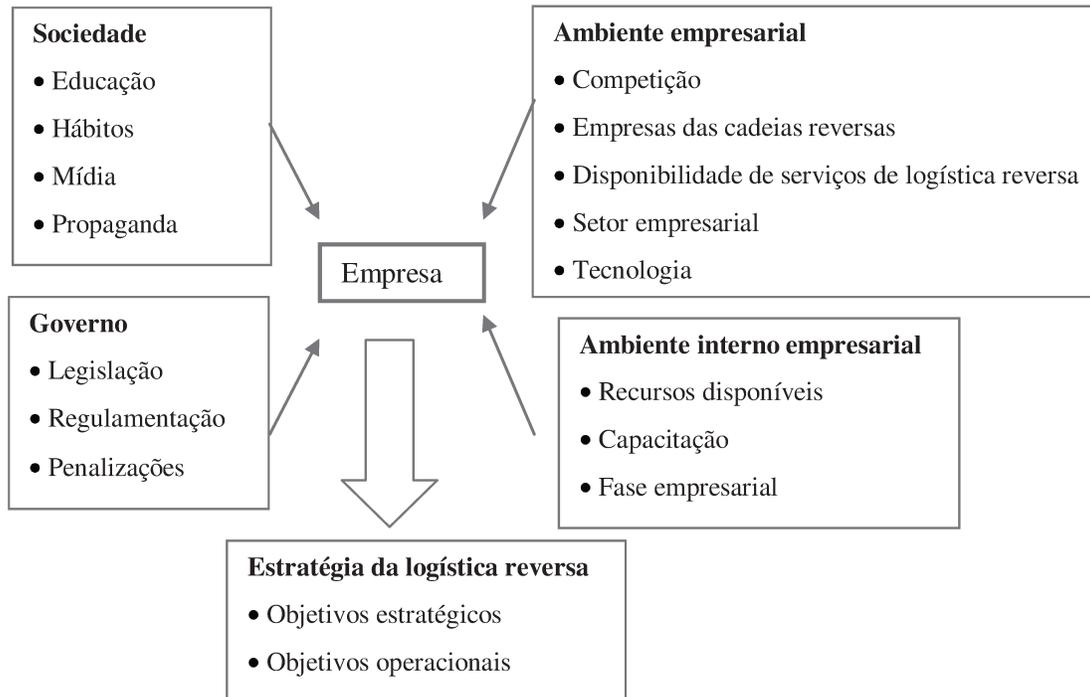


Figura 8 - Fatores influenciadores na estratégia de logística reversa

Fonte: Leite (2009)

Segundo Gomes et al (2011) produtores e varejistas de eletroeletrônicos afetados pela diretiva EU Directive 2002/96/EC (EU, 2002a) adotaram estratégias diferentes para enfrentar o desafio de atender metas para o retorno dos produtos: promovendo o retorno do produtos por meio do mercado de reciclagem, utilizando empresas terceirizadas que provêm a informação sobre o retorno e estabelecendo incentivos para os clientes; estabelecendo empreendimentos conjuntos com empresas de reciclagem; criando empreendimentos conjuntos com empresas concorrentes do setor; estabelecendo consórcios industriais; ou criando a própria estrutura de recuperação e deste modo operacionalizando todo o ciclo de vida de seu produto.

Achillas et al (2010) cita que a eficiência de um sistema de logística reversa para um resíduo complexo como REEE, pressupõe a coexistência de métodos de tratamento diferentes. Devem-se integrar estratégias que incluam a reutilização, a reciclagem, o tratamento seletivo de componentes tóxicos e a disposição final de rejeitos. Quando o

produto retorna para a empresa está deve desenvolver critérios para avaliar qual será o destino mais adequado para o REEE (ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1998).

Ao projetar o sistema de logística reversa devem-se considerar todos os canais de distribuição e a infraestrutura disponibilizada como pontos de coleta, transporte e instalações para armazenamento e para o processamento do produto logístico e a redistribuição final (LEITE, 2009). As rotas por onde o produto pode desviar do destino planejado devem ser estudadas, para que aja fluxo suficiente que mantenha a viabilidade do sistema reverso e se obtenha o objetivo de destinação adequada, pois o produto pode seguir trajetórias em desacordo com a legislação ambiental. Darby e Obara (2005) expõem que o envolvimento dos consumidores é de suma importância para o sucesso de qualquer sistema de gerenciamento de retorno do produto.

Os sistemas de logística reversa podem tanto ser coletivos quanto individuais (ACHILLAS et al, 2010; GOMES et al, 2011). Os pontos de coleta também podem ser disponibilizados em parceria com diferentes atores. É importante criar elos interdependentes entre a rede de distribuição reversa.

Segundo Leite (2009) deve-se observar as entradas de produtos na rota de distribuição reversa a localização da origem e destino do produto, as quantidades de resíduos destinadas deverão ser avaliadas ao se planejar o sistema de logística reversa. A origem, quantidade, volume entre outros dados do fluxo de resíduos, são fatores que irão orientar decisões quanto a pontos de coleta, implantação de centro de distribuição, armazenamento etc.

O desenvolvimento do sistema logístico necessita de tecnologias adequadas e economicamente viáveis, para garantir os processamentos nas diversas etapas do canal de distribuição reverso (LEITE, 2009). Segundo o autor essas condições técnicas em todas as etapas reversas precisam ser consideradas logo no projeto do produto para lhe conferir condições de reintegração ao ciclo produtivo de forma otimizada.

Dessa maneira, o imperativo da logística reversa pode ocasionar em projetos de produto que considerem a variável da fase pós-consumo introduzindo-se o chamado *design for disassembly*, ou seja, o produto é projetado para ser o mais amplamente reaproveitado no pós-consumo através de diferentes métodos de tratamento (LEITE, 2009).

Por causa das interdependências do sistema logístico a informação entre os elos é fator decisivo para que o resíduo possa fluir dentro das rotas de distribuição reversas até seu destino adequado.

Ongondo et al (2011) descreve o gerenciamento REEE em alguns países localizados em diferentes regiões, retratando suas praticas de logística reversa. Para exemplificar estas praticas forma selecionados o sistema adotado na Alemanha, Reino Unido e Suíça, como se segue:

- **Alemanha:** Foi criada uma fundação para organizar os processos de logística reversa, controlando a coleta, a recuperação e a reciclagem de acordo com os objetivos da Diretiva européia. A administração pública é responsável pela coleta de produtos descartados. Os varejistas também podem fazer a coleta voluntariamente transportando para o produtor ou para o sistema de gerenciamento público. Produtos coletados são transportados para empresas que fazem a separação que podem ser privadas ou socialmente subsidiadas por empresas. Se o fabricante desejar pode estruturar e operar sistemas de logística reversas individuais ou coletivos para REEE de residências. Se optarem por esses sistemas eles tem que cobrir todos os custos adicionais para coleta, que normalmente refere-se a responsabilidade do poder público.

- **Reino Unido:** o governo publicou orientação que descreve os produtos cobertos pelo regulamento e os papéis e responsabilidades de diferentes atores. Produtores são obrigados pela lei a planejar um sistema aprovado pela agência ambiental. A responsabilidade deles inclui o financiamento do tratamento, recuperação, reciclagem e disposição ambientalmente adequada do REEE. O gerenciamento do REEE é realizado por uma rede de tratamento autorizada e com instalações aprovadas e por exportadores aprovados que processam o resíduo e provê evidências aos produtores das quantias de REEE recebidas para tratamento. Os distribuidores têm a responsabilidade de prover informações aos consumidores sobre os aspectos ambientais e a coleta separada de REEE e realizar a logística reversa do produto de forma gratuita para o consumidor. Eles podem optar por sistemas coletivos entre distribuidores ou disponibilizando de forma individual. Em ambos os casos, o distribuidor tem obrigações financeiras para a coleta e transporte do REEE. No Reino Unido os regulamentos de REEE não estabelecem nenhuma obrigação direta para as autoridades públicas locais coletar REEE, mas estes podem oferecer centros de reciclagem de resíduos domésticos como pontos de coleta. Nesse sistema, o poder público é pago pelo serviço através do fundo disponibilizado pela associação dos distribuidores.

- **Suíça:** O gerenciamento de REEE é baseado na Responsabilidade Estendida do Produtor, e todos os atores envolvidos com o ciclo de vida do produto têm responsabilidades definidas. A logística reversa é realizada por associações de produtores e importadores. As principais são a Swiss Association for Information, Communication and Organisation technology, criada em 1993 e a Swiss Foundation for Waste Management, fundação estabelecida em 1990 como uma organização sem fins lucrativos que realiza o gerenciamento do REEE para os fabricantes, importadores e varejistas. Ambas oferecem o sistema completo de logística reversa e financiam o sistema com taxas de reciclagem. Estas taxas são rateadas entre distribuidores, varejistas e consumidores, que pagam uma taxa ao comprar qualquer EEE. Além desses dois sistemas há outros dois de proporção menor, mas que são semelhantemente organizações sem fins lucrativos que gerenciam REEE, um a disposição de baterias e o outro de equipamentos de iluminação.

O Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, regulamenta a Lei da PNRS, cria o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, dentre outras providências. No Capítulo III, discorre sobre os instrumentos por meio dos quais os sistemas de logística reversa deverão ser implementados e operacionalizados, sendo (BRASIL, 2010b):

- I. **Acordos setoriais:** *“os acordos setoriais são atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto”* (Ibid, 2010b art.19)
- II. **Regulamentos expedidos pelo Poder Público:** *“a logística reversa poderá ser implantada diretamente por regulamento, veiculado por decreto editado pelo Poder Executivo”* (Ibid, 2010b, art.30)
- III. **Termos de compromisso:** *“o Poder Público poderá celebrar termos de compromisso com os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes (...), visando o estabelecimento de sistema de logística reversa”* (Ibid, 2010b, art. 32)

O art. 23 da Lei orienta sobre quais são as exigências mínimas para os acordos setoriais. Estes requisitos norteiam a formulação do plano de logística reversa para os produtos elétricos e eletrônicos pós-consumo, devendo conter (Ibid, 2010b, art. 23):

- I. Indicação dos produtos e embalagens objeto do plano;

- II. Descrição das etapas do ciclo de vida em que o sistema de logística reversa se insere (desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final);
- III. Descrição da forma como a logística reversa será operacionalizada;
- IV. Para execução das ações propostas no sistema a ser implantado, descrever possibilidade de contratação de entidades, cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis;
- V. Descrição da participação de órgãos públicos nas ações propostas, quando estes realizarem alguma etapa da logística a ser implantada;
- VI. Definição das formas de participação do consumidor;
- VII. Mecanismos para a divulgação de informações sobre os métodos existentes para evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados aos respectivos produtos e embalagens;
- VIII. Metas a serem alcançadas com o sistema de logística reversa;
- IX. Cronograma para a implantação da logística reversa, contendo a previsão de evolução até o cumprimento da meta final estabelecida;
- X. Informações sobre a possibilidade ou a viabilidade de aproveitamento dos resíduos gerados, com alerta para os riscos derivados do seu manuseio;
- XI. Identificação dos resíduos perigosos presentes nas várias ações propostas e os cuidados e procedimentos previstos para minimizar ou eliminar seus riscos e impactos à saúde humana e ao meio ambiente;
- XII. Avaliação dos impactos sociais e econômicos da implantação da logística reversa.

O plano deve compreender o fluxo reverso de resíduos, a discriminação das várias etapas da logística reversa e a destinação dos resíduos gerados e a descrição do conjunto de atribuições de todos os participantes do sistema de logística reversa nas seguintes etapas: processo de coleta; armazenamento; transporte dos resíduos; as formas destinação dos resíduos gerados e de suas sobras, priorizando a reutilização, reciclagem ou disposição final ambientalmente adequada. Este plano deve conter ainda (Ibid, 2010b, inciso XIII art. 23):

- a. Recomendações técnicas a serem respeitadas em cada etapa da logística por todos os agentes envolvidos, inclusive pelos consumidores e recicladores;
- b. Formas de coleta ou de entrega implantadas, com a identificação dos responsáveis por esta etapa e suas responsabilidades. Incluindo as ações necessárias e critérios para a implantação, operação e atribuição de responsabilidades pelos pontos de coleta;
- c. Operações de transporte entre os empreendimentos ou atividades participantes, com identificação das responsabilidades.
- d. Procedimentos de destinação e responsáveis pelas etapas de reutilização, de reciclagem e de tratamento, da triagem dos resíduos e pela disposição final adequada dos rejeitos.

A Lei supracitada, em seu § 2º do art. 18, expõe que as metas para a logística reversa serão estabelecidas no limite da proporção dos produtos que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes colocarem no mercado interno. Eles determinarão metas progressivas, intermediárias e finais, no instrumento que determinar a logística reversa

Os consumidores também têm sua responsabilidade, determinada no art. 6º do Cap. I (Ibid, 2010b). Estes são obrigados a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos gerados e a disponibilizar adequadamente os resíduos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução, quando estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou quando instituídos sistemas de logística reversa.

3.4.3. Engajamento e Educação Ambiental

De acordo com Melissen (2006) o comportamento do usuário é ponto essencial na estruturação de um sistema de gerenciamento de REEE. Em pesquisa realizada pelo autor sobre o sistema de coleta de REEE na Holanda constatou-se que dispor pequenos eletrodomésticos junto à coleta de resíduos domiciliares, não só era muito mais conveniente para a população, como também é uma alternativa que todos conhecem. O resultado deste comportamento não tem nenhuma consequência negativa imediata para os consumidores envolvidos e, além disso, os aliviam do fardo de armazenar o produto obsoleto ou investir tempo, esforço e dinheiro para entregá-lo em um ponto de coleta. Assim, o consumidor tenderá a insistir no comportamento indesejável de dispor os REEE junto aos resíduos domiciliares ou outro local que lhe seja mais conveniente.

O autor destaca ainda que esses comportamentos indesejáveis em relação à disposição dos resíduos podem ser analisados sob variáveis que se inter-relacionam: (a) aspectos de atitude e motivação; (b) contexto da situação, barreiras, e oportunidades; (c) aspectos subjetivos como capacidade e consciência; e (d) hábitos e rotinas. Sintetizando essas variáveis o autor adota a premissa básica que para qualquer pessoa se comprometer com determinado comportamento, seja este desejável ou indesejável, o conjunto de três condições precisam ser satisfeitas: Motivação; Capacidade; e Oportunidade.

A Motivação é definida como: até que ponto o indivíduo deseja atingir certa meta, ou, até que ponto ele apresenta interesse em comprometer-se a um dado comportamento. Refere-se à existência de atitudes como também o interesse por recompensas e resultados que são decorrentes do engajamento ao comportamento. A Capacidade é definida como: até que ponto a pessoa tem qualidades, habilidades e instrumentos a sua disposição para se engajar ao comportamento determinado. Refere-se à capacidade física, mental (conhecimento) e financeira, além de ferramentas e auxílios disponíveis ao indivíduo. A Oportunidade é definida como: até que ponto as circunstâncias que estão além do controle

do indivíduo favorece ou impede o comportamento determinado. Referem-se às circunstâncias físicas, materiais, regionais, sociais e tempo disponível (MELISSEN, 2006).

Esses fatores podem ser analisados para maximizar as variáveis que levam ao comportamento desejável e minimizar os fatores que motivam o comportamento de disposição inadequada. Assim, torna-se possível entender melhor as barreiras e oportunidades vivenciadas rotineiramente pelo cidadão, e criar alternativas para aumentar o comprometimento da sociedade com a sustentabilidade e o gerenciamento adequado dos resíduos.

Ressaltando que, tal como ocorre com a gestão de resíduos em geral, as características de gerenciamento de REEE igualmente serão diferenciadas por aspectos culturais, socioeconômicos, políticos e legislativos de cada país, e o comportamento da população influencia e é influenciado sobremaneira por esse contexto. Esses fatores quando relacionados com a sensibilização ecológica do indivíduo influenciará a tomada de decisão na etapa pós-consumo.

Segundo Diretiva 2002/96/CE a informação dos usuários sobre a responsabilidade de não depositar os REEE como resíduos urbanos não triados e de entregar a coleta específica, bem como sobre os sistemas de coleta e o papel destes na gestão, é indispensável para o sucesso da coleta destes resíduos (EU, 2002a).

O que se depreende é que, tal como exposto na PNRS como princípio e instrumento, mecanismos que garantam o acesso a informação e o controle social¹² e a educação ambiental devem permear o sistema de gerenciamento de REEE para inserir o cidadão de forma mais consistente na gestão dos resíduos. A população deve contribuir ativamente para que o sistema de logística reversa tenha sucesso.

Para tanto, a estrutura do sistema deve ser projetada de tal forma que seja funcional e garanta o acesso universal e facilitado a todos os consumidores, satisfazendo assim as variáveis de motivação, capacidade e oportunidade. Desta forma o cidadão terá reais condições de cumprir suas atribuições no âmbito da responsabilidade compartilhada de destinar os REEE de forma ambientalmente adequada.

¹² Definido pela Lei 12.305, de 02/08/2010 inciso VI, art. 3º como “conjunto de mecanismos e procedimentos que garantam à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos” (BRASIL, 2010a)

4. METODOLOGIA

4.1. Abordagem Metodológica da Pesquisa

O presente trabalho teve como fundamento analisar um fenômeno da sociedade contemporânea: a geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. Para tanto, a forma de abordagem do estudo foi a pesquisa qualitativa e exploratória.

Flick (2004) aponta que a relevância da pesquisa qualitativa para o estudo das relações sociais deve-se ao fato de que a maioria dos fenômenos da realidade são complexos e não podem ser explicados de forma isolada. Os problemas levantados e as soluções a serem formuladas devem ser estudados dentro de seu contexto temporal ou histórico, descrevendo, analisando e interpretando os fatos e fenômenos, que estão em análise, neste contexto, explicando-os a partir dele.

Segundo Gil (2007) a pesquisa exploratória proporciona ao pesquisador entrar em contato com os mais variados aspectos relativos ao fenômeno estudado. O autor expõe que a pesquisa exploratória se propõe a entender o problema que está defronte do pesquisador procurando examinar a situação para obter uma melhor compreensão do que está ocorrendo.

O trabalho pretendeu explorar o fenômeno da geração de REEE e descrever suas características no município de Piracicaba. Marconi e Lakatos (2002) expõem que estudos exploratório-descritivos combinados são aqueles que *“têm por objetivo descrever completamente determinado fenômeno”* sendo possível combinarem abordagens qualitativas e quantitativas e informações obtidas por meio de diversos métodos que se inter-relacionam.

Sobre a qualidade da pesquisa qualitativa, Flick (2004) ressalta que é essencial a escolha de métodos e teorias corretas, reconhecer e analisar diferentes perspectivas e a diversidade de abordagens e métodos.

Quanto aos procedimentos técnicos, o método utilizado no trabalho é classificado como estudo de caso, que é uma modalidade de pesquisa que consiste no estudo

aprofundado de poucos objetos, sendo adequado para a *“investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos”* (GIL, 2007).

Assim, o fenômeno estudado pode ser explorado, descrito e analisado, dentro de um contexto de vida real. Neste tipo de estudo, os procedimentos de amostragem podem ser flexíveis e graduais, propiciando ao pesquisador maior liberdade de escolha de novas situações e casos que são gerados a partir de observações realizadas durante o levantamento de dados (FLICK, 2004; MARCONI & LAKATOS, 2002).

O método qualitativo possui suas limitações, principalmente quanto a produzir generalizações das relações encontradas. Deve-se considerar que o trabalho foi construído dentro de um contexto específico, assim, ao invés de generalizar, ela permite levantar características de um fenômeno que podem ser observadas a outros casos estudados, estabelecendo-se uma relação de comparação.

No caso da pesquisa exploratória de um tema ainda pouco estudado no Brasil e que apresenta múltiplas dimensões e diversos atores envolvidos, as limitações quanto ao tempo de pesquisa e recursos, permitem que sejam levantadas suas características gerais. Assim, os resultados podem tornar-se base para estudos posteriores que se aprofundem dentro de um determinado aspecto do tema estudado.

Definiu-se como escopo deste trabalho contextualizar o problema dos REEE na esfera municipal, que é a unidade federativa onde ocorrem os principais processos que determinarão a necessidade de gerenciamento de resíduos sólidos. Também se delimitou aos resíduos sólidos urbanos, abrangendo a categoria de resíduos sólidos domiciliares, que são aqueles produzidos nas residências.

Este trabalho também teve como propósito explorar os possíveis fatores que influenciam o problema e contribuir dentro dos limites da pesquisa com soluções para este problema. Sendo assim, se delimitou o objeto de estudo como um diagnóstico da situação atual de REEE, e o campo de investigação para o estudo de caso como sendo o município de Piracicaba-SP.

4.2. Material e Métodos

O diagnóstico da situação dos REEEs, no município de Piracicaba, visa conhecer a dimensão atual do problema, identificar as características de geração, manejo, tratamento e disposição provenientes de residências e a estrutura pública e privada existente para o gerenciamento destes resíduos. A fim de responder as questões propostas no trabalho utilizou uma combinação de métodos para a coleta, estimativas de geração de REEE e análise de dados.

4.2.1. Coleta dos dados

O processo de coleta de dados foi realizado por meio de uma variedade de métodos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, entrevistas, e, como técnica complementar, visitas de campo e observação sistemática.

Foi realizada a quantificação da geração de REEE no município de Piracicaba, por meio de estimativas utilizando o Método de Consumo e Uso proposto pela Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA) (ROCHA et al, 2007; JOVANIC, TOSIC e ROCHAT, 2011).

A pesquisa bibliográfica visou compreender conceitos relacionados ao trabalho para consolidar sua fundamentação teórica e metodológica. Para tanto, utilizou uma ampla gama de trabalhos publicados principalmente no periódico *Waste Management*¹³ e por pesquisas na base de dados *Web of Science*¹⁴, pesquisas na base de dados de teses e dissertações de bibliotecas de universidades do Brasil.

Foi realizada pesquisa documental na qual se levantou dados sobre: a legislação vigente sobre o tema na esfera federal, estadual e municipal; documentos relacionados ao

¹³ Site eletrônico: <http://www.journals.elsevier.com/waste-management/>

¹⁴ Site eletrônico: <http://sub3.webofknowledge.com>

gerenciamento de resíduos e de REEE publicados por instituições como a EMPA¹⁵, United Nations Environment Programme¹⁶ (UNEP), United States Environmental Protection Agency (USEPA)¹⁷, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹⁸, European Commission (EC)¹⁹ Environment; estatísticas e informações sobre o município de Piracicaba levantadas no banco de dados do IBGE, na Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE)²⁰ e Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba²¹ (IPPLAP), dados disponibilizados pela Prefeitura em seu site institucional. Pesquisou-se também o site institucional de fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos.

As entrevistas foram realizadas com atores relevantes dentro do contexto de geração e manejo de REEE, e com as experiências dos entrevistados puderam-se obter informações mais realísticas e úteis para o estudo.

A observação sistemática foi utilizada como técnica complementar, realizando-se registros fotográficos de situações de disposição de REEE em Piracicaba.

Também adotada como técnica complementar, as visitas de campo foram realizadas para observar as condições apresentadas para processamento de REEE. Foi visitada a Central de Resíduos do Município, e os pontos de coleta de pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes disponibilizados pela Prefeitura de Piracicaba. Além disso, as entrevistas tiveram um caráter de visita de campo, pois foram realizadas nos locais dos estabelecimentos, possibilitando dessa forma observar aspectos de coleta e armazenamento dos REEE.

¹⁵ Site eletrônico: [http:// www.empa.ch/](http://www.empa.ch/)

¹⁶ Site eletrônico: <http://www.unep.org>

¹⁷ Site eletrônico: <http://www.epa.gov>

¹⁸ Site eletrônico: <http://www.ibge.gov.br>

¹⁹ Site eletrônico: http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_en.htm

²⁰ Site eletrônico: [http:// www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br)

²¹ Site eletrônico: [http:// www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php](http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php)

I – Entrevistas

De acordo com Marconi & Lakatos (2002) a entrevista é o encontro entre duas pessoas, com o propósito de que uma delas adquira informações sobre determinado assunto. Para Gil (2007), a entrevista é um método que possibilita obter dados sobre diversos aspectos de um tema e os dados obtidos são suscetíveis de classificação e quantificação, oferecendo uma maior flexibilidade para o pesquisador esclarecer determinados assuntos de sua pesquisa.

Na entrevista estruturada o entrevistador estabelece previamente um roteiro de perguntas a seguir e não é permitido modificar, adaptar ou introduzir perguntas ao realizar as entrevistas. Para a entrevista semi-estruturada o pesquisador segue um roteiro de assuntos previamente estabelecido, mas tem a liberdade de introduzir novos questionamentos durante a realização das entrevistas, de acordo com suas necessidades de esclarecimentos (FLICK, 2004).

No desenvolvimento da pesquisa foi utilizada a definição gradual da estrutura de amostras. De acordo com Flick (2004) a estratégia gradual baseia-se na amostragem teórica, onde as decisões quanto a escolha do material a ser estudado são tomadas concomitantemente ao processo de coleta e interpretação de dados. Glaser e Strauss (1967) apud Flick (2004) expõem essa estratégia da seguinte forma:

A amostragem teórica é o processo de coleta de dados para a geração de teoria por meio da qual o analista coleta, codifica e analisa conjuntamente seus dados, decidindo quais dados coletar a seguir e onde encontrá-los, a fim de desenvolver sua teoria quando esta surgir.

No caso desse tipo de amostragem, ela não se baseia nos critérios e técnicas mais usuais de amostragem estatística. Em vez disso, os indivíduos e os grupos pesquisados e sua amostragem são escolhidos de acordo com a contribuição que poderão trazer para a melhor compreensão do fenômeno estudado. Segundo o autor, os dados são coletados, codificados e analisados pelo pesquisador de forma sistemática e simultânea (FLICK, 2004).

Flick (2004) aponta que é essencial nesse tipo de amostragem definir critérios para limitar a amostragem, dada a grande possibilidade de surgir diversos atores que se relacionam com o tema, mas que, por razão de limitação de recursos, como tempo, não poderão ser inseridos na pesquisa. O autor aconselha que os dados sejam coletados até a “saturação teórica”, ou seja, até que novos dados ou relevantes comecem a se repetir ou não sejam mais obtidos.

No trabalho, as limitações foram realizadas quando se atingiu um número adequado de atores que demonstraram conexões suficientes para delinear o fluxo de REEE do município e estratégias de gerenciamento adotadas.

Dessa forma, as entrevistas foram realizadas com base em atores previamente selecionados do setor público e privado, considerados como elementares para entender o fluxo e as estruturas de gerenciamento de REEE no município, e conforme o desenvolvimento da coleta de dados, mais atores foram sendo incluídos para obtenção de material.

Foram realizadas entrevistas com representantes da Prefeitura de Piracicaba atuantes na Secretaria de Defesa do Meio Ambiente de Piracicaba (SEDEMA), para identificar os aspectos de infraestrutura, operacionais, normativos, técnicos, financeiros e educativos disponibilizados para o gerenciamento dos resíduos e que tinham relação direta com o fluxo de REEE. Foram realizadas entrevistas com funcionários responsáveis pela área de gerenciamento de resíduos e educação ambiental da SEDEMA. Bem como, foi realizada entrevista com representante do secretário municipal da SEDEMA, para obter informações quanto aos planos futuros em relação ao gerenciamento de REEE.

A cooperativa de coleta de materiais recicláveis foi entrevistada por ser identificada como uma rota de descarte de REEE pela população em observações preliminares.

Para levantar a estrutura privada existente para o descarte de REEE, foram identificados como atores importantes, os estabelecimentos que possuem programas voluntários de coleta de REEE disponibilizados à população. E, a fim de levantar o que os fabricantes de eletroeletrônicos estão disponibilizando para a população do município em relação a estrutura e informação para o descarte de seus produtos pós-consumo, foram selecionados os Serviços de Atendimento ao Consumidor (SAC) de fabricantes de eletroeletrônicos.

As assistências técnicas foram consultadas por serem, segundo a teoria, os primeiros locais onde a população encaminharia aparelho eletroeletrônico com defeito, a fim de aumentar-lhe o tempo de vida útil. A partir da entrevista realizada com os estabelecimentos de assistência técnica levantaram-se atores importantes relacionados a estes locais: os depósitos de sucata.

O mesmo ocorreu com a consulta realizada aos SACs dos fabricantes de eletroeletrônicos, obtiveram-se informações de atores relacionados: as assistências técnicas autorizadas que possuíam pontos de coleta de REEE de determinadas marcas. Mas no caso desses atores alguns repetiram os mesmo dados obtidos na pesquisa inicial com assistências técnicas autorizadas e especializadas.

Seguindo o método selecionado o tamanho da amostra foi determinado a partir da relevância do caso. Para os pontos de coleta identificados planejou-se realizar a coleta completa da amostra. No caso de assistências técnicas e depósitos de sucata, estabeleceu um total de 10 estabelecimentos cada caso para se obter uma visão geral sobre esses locais. Com essa quantidade de entrevistas foi possível obter dados necessários para explorar o tema e, nas últimas entrevistas não foi encontrado nenhum novo dado adicional.

As assistências técnicas entrevistadas foram selecionadas a partir de consulta a lista telefônica. Optou-se por esse meio por ser provável que consumidores utilizem também esse método para obter informação sobre esse tipo de serviço e, assim, os locais selecionados poderiam ser mais significativos por terem maior fluxo de consumidores. No caso de depósitos de sucata, não havia estabelecimentos suficientes divulgados na lista telefônica e nem em banco de dados do município, assim, selecionou-se locais conhecidos que indicaram outros estabelecimentos, inclusive depósitos de sucata que trabalhavam especificamente com sucata de aparelhos eletroeletrônicos.

As entrevistas realizadas com atores foram verbais, estruturadas e semi-estruturadas. Realizadas de forma presencial nos locais de trabalho dos entrevistados, exceto a entrevista realizada nos SAC dos fabricantes de eletroeletrônicos, que foi feita através de ligação telefônica.

O registro das entrevistas semi-estruturadas foi realizado por gravador e anotação simultânea, e das entrevistas estruturadas foi realizado anotação simultânea. As entrevistas estruturadas contaram com perguntas abertas e fechadas.

No Quadro 1 estão relacionados os atores e instituições entrevistados, número de entrevistados e tipo de entrevista.

Quadro 1– Relação das entrevistas realizadas

Entrevistados	Número de entrevistados	Tipo de entrevista
Funcionário representante do secretário municipal da Secretaria de Defesa do Meio Ambiente (SEDEMA) da Prefeitura de Piracicaba	1	Semi-estruturada
Funcionário da SEDEMA responsável pela área de gerenciamento de resíduos	1	Semi-estruturada
Funcionário da SEDEMA ligado a área de gerenciamento de resíduos e educação ambiental	1	Semi-estruturada
Responsável por cooperativa de reciclagem parceira da Prefeitura de Piracicaba	1	Semi-estruturada
Responsável por Assistência técnica autorizada ou especializada	10	Estruturada
Responsável por depósito de sucata	10	Estruturada
Atendente de Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) de fabricante de eletroeletrônico	22	Estruturada
Responsável por assistência técnica autorizada indicada por SAC de fabricante de eletroeletrônico	11	Estruturada
Responsável por estabelecimento com ponto de coleta de REEE	11	Estruturada
Responsável por estabelecimento representante de empresa de telefonia celular	4	Estruturada

4.2.2. Quantificação da geração

Segundo Araújo et al (2012), calcular a geração de REEE apresenta diversas dificuldades devido a disponibilidade de dados e a complexidade relacionada a esse tipo de produto.

Alguns métodos são propostos para quantificar a geração de REEE: Método de Consumo e Uso, o Método de Abastecimento de Mercado, o Método Time Step e o Método

de Carnegie e Mellon (WIDMER, 2005; ROCHA et al, 2009; JOVANIC, TOSIC e ROCHAT, 2011; ARAÚJO et al, 2012; ROMÁN MOGUEL, 2007)

Estas abordagens utilizam dados como as vendas em volumes de EEE, armazenamento de EEE pelos usuários, tempo de vida médio EEE, peso médio dos aparelhos e outros dados sobre o comportamento dos usuários relativo ao descarte de REEE.

O método mais adequado deve estar de acordo com a disponibilidade de dados. Não há dados disponíveis sobre a venda de aparelhos eletroeletrônicos no município.

Dessa forma, a abordagem a ser utilizada no estudo será o Método de Consumo e Uso, que considera o número de residências que possuem o equipamento, sua vida útil média e o peso médio dos aparelhos.

O cálculo da estimativa de geração, segundo este método, é realizado empregando-se a equação 1 (ROCHA et al, 2007; JOVANIC, TOSIC e ROCHAT, 2011):

$$\text{Geração REE/ano} = m_n \times hh \times r_n / ls_n \quad (1)$$

Sendo:

m_n : peso médio de cada aparelho eletroeletrônico considerado

hh : número de residências

r_n : taxa de saturação para cada aparelho eletroeletrônico considerado, por residência

ls_n : vida útil média de cada aparelho eletroeletrônico considerado

Segundo Lohse et al (1998) o método de Consumo e Uso tem como base um domicílio típico e uma média de aparelhos elétricos e eletrônicos que possui. Suposições são feitas sobre o peso médio de cada tipo de aparelho, e sobre o tempo médio de cada produto.

Ainda, conforme o autor, para cada tipo de produto, o peso é multiplicado pelo número de domicílios e com o grau de penetração de cada aparelho e dividido pelo tempo de vida (em anos) para dar o potencial de REEE anual esperado de uma dada região

geográfica. Este exercício é repetido para todos os produtos que se assume estar presente em uma família média, a fim de calcular o potencial total dos REEE por um ano.

Este método foi utilizado pelo EMPA para estimar a geração de REEE no Brasil (ROCHA et al, 2007), dessa forma é possível obter uma comparação para os dados obtidos. Os autores estimaram a geração de REEE em 3,4 kg/per capita para 2008. Os passos para desenvolver o cálculo foram baseados nesse trabalho.

Devido a indisponibilidade de dados de venda e dados específicos para o Município, a quantificação da geração de REEE foi baseada na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) realizada pelo IBGE (IBGE, 2010b).

A PNAD investiga a posse dos seguintes equipamentos eletroeletrônicos (IBGE, 2010b):

- **Telefone fixo²² e Telefone móvel.**
- **Rádio:** foi considerado também o aparelho de rádio que fizesse parte de conjunto que acoplasse outros aparelhos, tais como: radiogravador, rádio toca-fitas, etc.
- **Televisão:** foi considerado televisão em cores e televisão em preto e branco.
- **Aparelho de DVD:** foi considerado aparelho leitor de DVD (digital versatile or digital video disk - disco digital versátil ou disco digital de vídeo), mesmo que acoplado a microcomputador
- **Geladeira:** considerado geladeira de duas portas (ou seja, o aparelho que acopla dois compartimentos independentes, sendo um de refrigeração e o outro de congelamento de alimentos) e de uma porta.
- **Freezer.**
- **Máquina de lavar roupa.**
- **Microcomputador:** foi considerado computador de mesa e portátil.

Para os dados do tempo de vida útil e peso de telefone celular, computador de mesa, televisão, máquina de lavar e geladeira dos foi considerado os dados obtidos por Rocha et al (2007), levantados em pesquisa sobre geração de REEE no Brasil e Estado de Minas Gerais. Para rádio e *freezer* foram considerados dados disponíveis em Chancerel (2010).

A Tabela 9 relaciona o peso dos equipamentos e a vida útil destes.

²² Os dados de telefone fixo não foram considerados nesta pesquisa.

Tabela 9 - Peso e vida útil dos equipamentos da estimativa de geração

Equipamento	Peso	Vida Útil (em anos)
Telefone celular	92,67 g	2
Computador de mesa (CPU e tela) ²³	29,26 kg	5
Televisão	32,45 kg	13
Rádio (microsystem)	10,40 kg	5
Máquina de lavar roupa	37,51 kg	11
Geladeira	71,95 kg	15
<i>Freezer</i>	60,02 kg	15
DVD	3,14	12

Fonte: ROCHA et al , 2009; CHANCEREL, 2010.

Para realizar as estimativas foi considerado como hipótese que os domicílios²⁴ possuem 1 unidade do bem em questão. Os dados divulgados pelo IBGE, na PNAD apontam a existência do bem no domicílio, mas não sua quantidade.

De acordo com o IBGE (2010b), a presença de eletroeletrônicos nos domicílios varia entre as regiões do Brasil. Na Tabela 10 está relacionada a taxa de penetração de bens duráveis em domicílios particulares permanente para o Brasil e Região Sudeste.

²³ Os dados da PNAD não distingue computador portátil de computador de mesa. Para realizar os cálculos foi considerado apenas computadores de mesa

²⁴ Segundo o IBGE (2010b) “conceituou-se como domicílio o local de moradia estruturalmente separado e independente, constituído por um ou mais cômodos”.

Tabela 10- Número de Domicílios com existência de bens duráveis em 2008 e 2009 no Brasil e Região Sudeste

Bem durável	Brasil		Variação %	Região Sudeste		Variação %
	2008	2009		2008	2009	
Telefone celular	37,6	41,2	1,10	29,4	32,4	1,10
Geladeira	92,1	93,4	1,01	97,3	97,8	1,01
Freezer	16,1	15,2	0,94	15,6	14,4	0,92
Máquina de lavar roupa	41,5	44,3	1,07	54,3	57,4	1,06
Rádio	88,9	87,9	0,99	93,0	92,1	0,99
Televisão	95,1	95,7	1,01	97,6	97,9	1,00
DVD	69,4	72	1,04	73,6	74,9	1,02
Microcomputador	31,2	34,7	1,11	40,0	43,7	1,09

Fonte: adaptado de IBGE (2010b)

Para o cálculo de geração de REEE utilizou-se o dado de penetração de bens duráveis do período de 2009 para a região sudeste.

Realizaram-se estimativas da projeção populacional e de número de domicílios em Piracicaba entre os anos de 2010 a 2030, totalizando um período de 20 anos. A projeção populacional foi realizada utilizando-se a taxa geométrica média de crescimento anual, com base no último período inter-censitário (2000 – 2010) de 1,03% ao ano (IBGE, 2010c).

Obtendo-se os dados de população, estimou-se o número de domicílios para o período. Calculou-se pela média de 3,22 moradores por domicílio em Piracicaba, dado estimado no Censo 2010 (IBGE, 2010c). Na projeção do número de domicílios de 2010 a 2030, dividiu-se a população projetada para o ano pelo número de moradores por domicílio em 2010.

A população base para o início dos cálculos da projeção foi de 364.571 habitantes, estimada pelo Censo 2010. Na Tabela 11, consta a população e o número de domicílios projetados para o período de 2010 a 2030.

Tabela 11– População e número de domicílios estimados para o período de 2010 a 2030

Ano	Domicílios	População
2010	112.756	364.571
2011	116.617	375.508
2012	120.116	386.773
2013	123.719	398.377
2014	127.431	410.328
2015	131.254	422.638
2016	135.192	435.317
2017	139.247	448.376
2018	143.425	461.828
2019	147.727	475.682
2020	152.159	489.953
2021	156.724	504.652
2022	161.426	519.791
2023	166.269	535.385
2024	171.257	551.446
2025	176.394	567.990
2026	181.686	585.029
2027	187.137	602.580
2028	192.751	620.658
2029	198.533	639.277
2030	204.489	658.456

As estimativas de geração per capita foram calculadas a partir dos resultados de geração de cada ano divididos pela população estimada no ano.

Somando-se os resultados anuais obteve-se a quantidade de REEE gerada para o período, bem como a média de geração e média de geração per capita estimada.

Para estimar a geração de REEE por região do município foi utilizada o número de domicílios por região e a população dessas regiões, apresentado no censo de 2000 (IPPLAP, 2001), conforme mostra a Tabela 12.

Tabela 12- População e número de domicílios na regiões do município (2000)

Região	Número de domicílios	População (Censo 2000)
Centro	25.154	63.216
Norte	19.120	68.796
Sul	21.620	65.355
Leste	19.074	58.433
Oeste	14.989	50.818

Fonte: IPPLAP (2001)

A projeção apresenta limitações, pois os dados considerados podem variar no período, e dessa forma, os resultados obtidos podem ser subestimados:

- A taxa média de crescimento populacional foi considerada constante no período. Isso que dizer que, tanto a população e a geração de resíduos, irão crescer a mesma taxa todo ano. Então, a estimativa não considera as variações da taxa de crescimento populacional que poderiam ocorrer no período.
- O mesmo se aplica a taxa de penetração dos bens duráveis nos domicílios, foi dado como constante baseando-se na situação de 2009. Esse dado pode variar no período.
- Considera-se apenas 1 equipamento por domicílio, o que já subestima o potencial de geração de REEE.
- Foi considerado apenas computadores de mesa.
- No caso da estimativa realizada para as regiões, foram calculados os dados baseados no Censo 2000.
- Não há dados individualizados sobre a taxa de penetração de bens duráveis em cada região, assim não são consideradas as discrepâncias socioeconômicas.
- Os pesos médios dos equipamentos podem variar de acordo com as inovações tecnológicas.

4.2.3. Análise dos dados

No processo de análise dos dados foi empregada a abordagem qualitativa e quantitativa para melhor explorar a dimensão do problema e identificar o fluxo de REEE no município e as estruturas para gerenciá-lo. Os dados foram organizados, codificados e interpretados para se obter os resultados. Ao analisar os dados buscou se estabelecer relações entre os dados coletados para desenhar o cenário da situação atual dos REEE.

As entrevistas estruturadas passaram por processo de tabulação e analisados para identificar características similares entre os entrevistados. Dados de entrevista semi-estruturada foram analisados e apresentados de forma descritiva.

Para realizar as estimativas de geração de REEE para o município e suas 5 regiões foram compiladas os dados de domicílios, percentual de penetração dos bens duráveis no domicílios, população e taxa média de crescimento populacional em vários anos. Os dados foram calculados pelo Método de Consumo e Uso.

Os pontos de coleta levantados no Município foram apresentados especializados em mapa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. O município de Piracicaba-SP

O município de Piracicaba, localizado no Estado de São Paulo, possui uma população estimada de 364.571 habitantes (IBGE, 2010c).

A área territorial é de 1.376,91 Km² (IBGE, 2010c). A área urbana de 229,66 Km² concentra 97,33% da população do município. A área rural de 1.147,25 Km² (IPPLAP, 2011a).



Figura 9 - O município de Piracicaba no Estado de São Paulo
Fonte: IPPLAP, s/d.

Nos últimos 40 anos, o município dobrou sua população, como pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 13– Evolução da População Total

	1970	1980	1991	1996	2000	2010
População total	152.505	214.295	283.833	302.886	329.158	364.571

Fonte: IPPLAP, 2011b.

A Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População vem decaindo: em 1991 era 2,58% a.a, em 2.000 era 1,9%0 a.a. (IPPLAP, 2010). Em 2010 foi estimada em 1,03% ao ano, a média do Estado de São Paulo é de 1,09% ao ano (SEADE, 2011).

A Densidade Demográfica é de 268,73 habitantes/km², a média do Estado de São Paulo é de 167,97 habitantes/Km² (Ibid, 2011)

O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH é de 0,836, o que posiciona o município em 22º entre as cidades do Estado de São Paulo. O IDH está acima da média do estado de São Paulo, que no mesmo período registrou 0,814 (Ibid, 2011).

Segundo o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS), em 2006, Piracicaba foi classificada no Grupo 2, ou seja, embora apresente um nível de riqueza elevado, não foi capaz de atingir bons indicadores sociais, devido a concentração de renda (Ibid, 2011).

A base econômica de Piracicaba está historicamente vinculada à produção agrícola e industrial, com destaque para os setores sucroalcooleiro e metal-mecânico (PIRACICABA, 2003a). A participação setorial no valor adicionado do município, comparando-o aos dados do estado de São Paulo no período de 2009 (SEADE, 2011), está descrita na tabela 14.

Tabela 14 – Participação setorial no valor adicionado de Piracicaba

Setores	Piracicaba	Estado de São Paulo
Agropecuária	0,94	1,62
Indústria	42,36	29,04
Serviços	56,70	69,34

Fonte: SEADE, 2011

O município é dividido em 5 regiões: Centro, Norte, Sul, Leste e Oeste. De acordo com o Censo de 2000, a região do Centro concentrava 20,62% da população, Norte 22,44%, Sul, 21,31%, Leste, 19,06% e Oeste 16,57%. (PIRACICABA, 2003).

Segundo o Relatório de Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba (Ibid, 2003a), existem disparidades socioeconômicas entre essas regiões. Em levantamentos

para este relatório, constatou-se que a área central consolidada concentrava 50% das famílias com maiores rendimentos. Bairros das regiões Oeste, Sul e Norte são os que concentravam a pobreza, a precariedade habitacional e a presença de imóveis sub-normais.

Dessa maneira, segundo esse estudo em Piracicaba, verificou-se a tendência das cidades brasileiras: na periferia estão os maiores adensamentos populacionais e são os territórios destinados para a baixa renda. Nas áreas centrais, que são mais consolidadas possuindo as melhores condições de infraestrutura urbana e oportunidades de emprego, comércio, serviços, lazer e cultura se encontram a concentração de alta renda.

5.1.1. Gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares no município de Piracicaba

A Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente (SEDEMA) é a responsável por gerir o sistema de limpeza pública no município.

Piracicaba possui legislação variada sobre resíduos sólidos. Direcionando a gestão de resíduos possui normatizações como o código de defesa do meio ambiente (Lei municipal 2.434 de 13 de março de 1981) e o código de posturas do Município (Lei complementar 178 de 11 de janeiro de 2006) e leis específicas por tipos de resíduos (MELO, 2012). Sobre resíduos eletroeletrônicos pós-consumo, Piracicaba tem as seguintes leis municipais sobre pilhas e baterias:

- Decreto Municipal 10582 de 31 de dezembro de 2003, regulamenta a Lei 5297/03, que "Dispõe Sobre a Responsabilidade da Destinação de Pilhas e Baterias Usadas e Revoga a Lei Municipal 5114/02 (PIRACICABA, 2003b).
- Lei municipal 5297 de 14 de julho de 2003 dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas e baterias usadas e revoga a lei municipal nº 5114/02 (PIRACICABA, 2003c).
- Decreto municipal 8550 23 de agosto de 1999 regulamenta a lei nº 4.669/99, que dispõe sobre a obrigação das casas comerciais que comercializam celulares, a instalarem caixas coletoras para baterias usadas, pilhas e similares e da outras providencias (PIRACICABA, 1999).

O sistema de gerenciamento de resíduos sob responsabilidade da Prefeitura Municipal, realizado por meio de administração direta ou empresas terceirizadas, abrange os serviços apresentados no Quadro 2 (ROMANINI, 2011; MELO, 2012):

Quadro 2– Gerenciamento de resíduos pela Prefeitura Municipal de Piracicaba

Serviço	Tipo de resíduo	Tipo de coleta	Destino	Operador
Coleta domiciliar	Orgânicos, recicláveis, rejeitos não selecionados na fonte	Coleta domiciliar	Aterro sanitário	Empresa licitada
Coleta seletiva de materiais recicláveis	Resíduos recicláveis selecionados na fonte de origem residencial, comercial e industrial	Coleta domiciliar	Reciclagem	Cooperativa do Reciclador Solidário e empresa licitada
Coleta de óleo de Cozinha	Óleo vegetal de origem residencial e comercial	Pontos de Entrega Voluntária. Entrega na coleta seletiva de materiais recicláveis. Agendamento para coleta domiciliar e comercial	Fabricação de biodiesel e sabão	Empresas privadas e Cooperativa do Reciclador Solidário
Cata Cacareco	Móveis e grandes eletrodomésticos de origem residencial	Agendamento para coleta domiciliar	Aterro de resíduos de construção civil, doação, reciclagem.	Prefeitura municipal
Coleta de Medicamentos e resíduos de tratamento de saúde de residências	Medicamentos e utensílios utilizados em tratamentos de saúde de origem residencial	Pontos de entrega voluntária	Unidade de tratamento	Prefeitura Municipal e farmácia parceira

Continuação

continuação

Serviço	Tipo de resíduo	Tipo de coleta	Destino	Operador
Coleta de Pilhas e baterias	Pilhas e pequenas baterias utilizadas em telefone de origem residencial	Pontos de entrega voluntária	Unidade de tratamento	Prefeitura municipal
Coleta de Lâmpadas fluorescentes	Lâmpada fluorescente mista e de mercúrio de origem residencial	Pontos de entrega voluntária	Unidade de tratamento	Prefeitura municipal
Coleta de resíduos de produto eletroeletrônico	Equipamento eletroeletrônico de origem residencial	Ponto de entrega voluntária	Unidade de tratamento	Prefeitura municipal
Coleta de pneus	Pneus de origem residencial e comercial	Ponto de entrega voluntária	Reciclanip	Prefeitura Municipal em parceria com a ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos)
Coleta de resíduos de serviço de saúde	Resíduos de serviço de saúde provenientes de clínicas, hospitais, consultórios odontológicos, clínica de estética, veterinária	Coleta no local	Unidade de tratamento	Empresa licitada
Coleta de resíduos de terminais rodoviários	Resíduos orgânicos, recicláveis, rejeitos, sobras de higiene pessoal.	Coleta no local	Aterro sanitário	Empresa licitada
Coleta de resíduo comercial	Descarte do comércio em geral, lojas, supermercados, agências bancárias entre outros	Coleta no local	Aterro sanitário	Empresa licitada
Coleta de resíduos de Construção Civil (RCC)				
Pequenos geradores	Restos de construção civil, reformas demolição (até 1 m ³)	Ponto de entrega voluntária "Ecoponto"	Reutilização, aterro de RCC	

Continuação

				Continuação
Serviço	Tipo de resíduo	Tipo de coleta	Destino	Operador
Grandes geradores	Restos de construção civil, reformas demolição	Serviço de caçamba		Empresas particulares
Coleta de resíduos dos Serviços Públicos				
Varrição de Vias	Resíduos presentes na varrição mecanizada e varrição manual de vias públicas	Junto a coleta de resíduo domiciliar.	Aterro sanitário	Empresa licitada
Capinação e roçada	Resíduos provenientes da capinação de áreas públicas	Coleta de capinação	Pátio de deposição de empresa terceirizada	Empresa licitada
Poda e retirada de árvore	Resíduos provenientes de poda e remoção de árvore	Coleta de poda	Compostagem	Empresa licitada e Companhia Paulista de Força e Luz
Limpeza de feiras livres e varejões	Resíduos provenientes da limpeza de feiras e varejões	Junto ao resíduo domiciliar	Aterro sanitário	

Em 2011 entre os meses de janeiro a novembro foram coletadas e aterradas 96.668,78 toneladas de resíduos sólidos, cerca de 290 toneladas ao dia (IPPLAP, 2011c). Atualmente em Piracicaba 99,4% dos domicílios possuem coleta de lixo regular (IBGE, 2010c). A Tabela 15 mostra a quantidade de resíduos domiciliares coletados entre 2000 a 2011.

Tabela 15 – Quantidade de resíduos domiciliares coletados – 2000 a 2011

Ano	Quantidade (ton)
2001	81.877,75
2002	82.147,87
2003	78.651,41
2004	80.547,08
2005	80.589,48
2006	86.190,34
2007	86.475,79
2008	91.504,70
2009	98.383,00
2010	100.831,59
2011*	96.668,78

Dados de janeiro a novembro
 Fonte: IPPLAP, 2011c.

A coleta de material reciclável formalizada é feita pela Cooperativa do Reciclador Solidário com convênio firmado pela Prefeitura Municipal de Piracicaba. Em 2011 de janeiro a agosto foram coletados 1.128.755 kg. Em 2009 foram coletados 1.546.218 kg. Em 2010, 1.805.712 kg a coleta seletiva, nesse ano representou 1,79% do resíduo municipal (IPPLAP, 2011d). Apesar de ter 10 anos de existência ainda é uma coleta que não impacta significativamente na redução de resíduos para aterramento.

Os resíduos domiciliares eram depositados até 03 de janeiro de 2007 no aterro do Pau Queimado, localizado na região sul do Município. Este aterro municipal foi construído em área contígua ao lixão já existente na área (PIRACICABA, 2008).

Inaugurado em 1976, o lixão do Pau Queimado, recebia além do resíduo domiciliar, resíduo hospitalar, industrial e de construção civil. Em 1988, foi instaurada uma Ação Civil Pública, questionando as condições de operacionalização desse local. Em 1989, o aterro passa a ser controlado. Em 1998, foi feita uma ampliação no aterro, com a incorporação de uma área ao lado, o que aumentou em 10 anos sua vida útil. Esta área incorporada foi projetada como um aterro sanitário. Em 2002, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental solicitou o encerramento do aterro do Pau Queimado devido às condições de operação e o potencial de degradação ambiental.

No local havia também atividade de catadores de materiais recicláveis. Um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) foi firmado entre a Prefeitura Municipal de Piracicaba e a CETESB. Em 2007 o aterro foi fechado e passou a ser utilizado como área de transbordo (MELO, 2012).

Com o fechamento desse aterro, o resíduo passou a ser enviado para um aterro sanitário privado de Paulínia. Em 2008 o custo era de cerca de R\$ 498.000 por mês, ou seja, R\$ 5.976.000 anuais (PIRACICABA, 2009). Segundo Romanini (2011), o custo total com o sistema de gerenciamento de resíduos de Piracicaba foi de R\$ 2.230.377,64.

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município passou por uma reestruturação com a aprovação em março de 2008 do Plano de Saneamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Piracicaba - PSRSUP, e com o projeto de construção de um novo aterro para a cidade. O PSRSUP (PIRACICABA, 2008) visava atender a Lei Federal nº 11.445 de 5.01.2007 (BRASIL, 2007) para destacar o projeto do aterro sanitário.

Dessa forma, segundo Melo (2012) o Plano de Saneamento de 2008 evidenciava ausência de orientação da Prefeitura Municipal voltada para uma gestão de resíduos que incorporasse soluções além da coleta e aterramento. Ainda, de acordo com o autor o texto era confuso e o único item que se notabilizava era o detalhamento com gastos e cálculo de viabilidade para a construção do novo aterro.

Ao ser apresentado em audiência pública foi constatado pela sociedade presente que o documento continha diversas deficiências em relação ao seu conteúdo, e a abordagem era apenas superficial e não se adequava à realidade do Município. Carecia principalmente de diagnóstico da situação mais aprofundado, da definição de metas e estratégias de ação para que realmente pudesse ser implementado. Por esta razão, foi constituída uma Câmara Técnica de Resíduos ligada ao Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente de Piracicaba (COMDEMA) para rever o PSRSUP, e propor ações mais concretas e adequadas à realidade local. Participaram desta Câmara funcionários designados pela prefeitura, conselheiros do COMDEMA, representantes da sociedade civil e da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, incluindo a presente pesquisadora.

Esta experiência trouxe a possibilidade de ampliar a discussão sobre a gestão de resíduos sólidos no município, e formular planos de ação específicos para uma variedade de resíduos: recicláveis, óleo de cozinha, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, resíduos de

poda, pneus, construção civil, serviços de saúde, móveis e volumosos, elétricos e eletrônicos. Esses planos de gerenciamento têm como objetivo evitar que resíduos que necessitam de tratamento diferenciado sejam depositado junto a coleta de resíduo domiciliar (PIRACICABA, 2009).

Destes planos, alguns foram apenas melhorados, pois já estavam em funcionamento no município; outros foram implementados, como os resíduos de óleo de cozinha, pneus, pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes (categorias de EEE). No entanto, não houve avanços para a proposição de um plano de ação para a gestão de demais categorias de REEE, devido principalmente a não existência de legislação a nível federal sobre o tema na época.

O PSRSUP foi revisado e lançado em 2009 e é um documento que atualmente norteia as atividades dos tomadores de decisão da Prefeitura Municipal de Piracicaba. Mas ainda assim, segundo Melo (2012), embora se tenha avançado nos últimos três anos implantando diversos sistemas de coleta diferenciada, a escala e a estrutura destes programas não são feitas para se integrar de forma significativa no gerenciamento de resíduos e impactar na diminuição de materiais aterrados. O investimento feito na coleta de resíduos domiciliares em 2010 foi de R\$ 1.199.033, enquanto na coleta seletiva de materiais recicláveis investiu-se no mesmo ano R\$ 99.725. Dessa forma, é importante que o Município incorpore estes planos de forma estratégica na sua gestão, priorizando a coleta seletiva diferenciada para reduzir a disposição de resíduo em aterro, atendendo os princípios e objetivos da PNRS.

5.2. Rotas do fluxo pós-consumo de REEE

Determinar as rotas pelas quais os produtos pós-consumo fluem é essencial para o gerenciamento. Dependendo da trajetória o produto ao ser disponibilizado pode seguir para a destinação final adequada (quando ao longo do processo observam-se normas operacionais de modo a evitar danos ao ambiente e a saúde pública) ou destinação inadequada (quando ao longo do processo potencializam-se os riscos e danos ao ambiente e a saúde pública).

Para os produtos eletroeletrônicos, a condição básica para a destinação final adequada é, além da reutilização, reciclagem ou recuperação energética, a etapa de tratamento seletivo, ou seja, peças e componentes com maior potencial de causar riscos são tratadas de forma seletiva antes de o material ser reciclado, aterrado ou incinerado.

Neste tópico serão discutidas as alternativas de rotas do fluxo pós-consumo de REEE pesquisadas no município de Piracicaba. As rotas foram divididas entre estrutura implantada pelo setor público e rotas do setor privado.

Para este trabalho, serão adotadas duas categorias de eletroeletrônicos segundo suas características²⁵:

- **Equipamentos elétricos e eletrônicos duráveis:** os bens que apresentam duração média de vida útil de alguns anos a algumas décadas (LEITE, 2009). Foram consideradas as categorias: de grandes eletrodomésticos; pequenos eletrodomésticos; equipamentos de informática e telecomunicação; equipamentos de consumo; ferramentas elétricas, e; brinquedos.
- **Equipamentos elétricos e eletrônicos semi-duráveis:** são os bens que apresentam duração média de vida útil de alguns meses.

5.3. Gerenciamento de REEE pela Prefeitura de Piracicaba

Foram pesquisadas as estruturas disponibilizadas pela Prefeitura do município de Piracicaba para produtos eletroeletrônicos e seus componentes:

²⁵ Leite (2009) descreve que há dificuldades em classificar os bens segundo a vida útil. Ele adota a classificação de pilhas de equipamentos eletrônicos como descartáveis, baterias de celulares e computadores e seus periféricos como semi-duráveis. Para efeitos desse trabalho, entende-se que descartáveis são bens, que devido as característica de uso tem duração reduzida de alguns dias ou semanas (exemplo, embalagens); semi-duráveis podem ter sua duração alguns meses e, dependendo de seu uso, pode ter a vida útil prolongada(exemplo, lâmpadas fluorescentes); duráveis são bens que tem características de duração de alguns anos ou décadas, podendo ter a vida útil prolongada (exemplo geladeira).

- Coleta de lâmpadas fluorescentes e pilhas e baterias;
- Coleta “Cata Cacareco”, para móveis e eletrodomésticos de grande porte;
- Coleta na Central de Resíduos.

Intermediário entre o setor público e privado se encontra a coleta de REEE na coleta seletiva de materiais recicláveis, realizada por uma cooperativa de manejo de materiais recicláveis em parceria com a Prefeitura do município, descrita no Tópico 5.4.

Dentre as rotas pesquisadas, algumas se caracterizam por promover o gerenciamento do REEE, e outras se restringiam a coleta e destinação para a reciclagem sem prévio tratamento.

5.3.1. Pilhas e baterias; lâmpadas fluorescentes

A Prefeitura de Piracicaba, por meio da SEDEMA, está gerenciando a coleta e destinação seletiva de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes provenientes de residências, dos órgãos públicos municipais e das Escolas Municipais e Escolas Estaduais.

Os pontos de coleta foram instalados a partir de 2009. Inicialmente, foram implantados pontos de coleta de pilhas e baterias, logo após de lâmpadas fluorescentes²⁶.

A coleta de pilhas e baterias baseou-se na resolução CONAMA 401 de 04/11/2008, que revogava a CONAMA 257 de 30/06/1999, que estabelece, além dos limites de determinadas substâncias, critérios para o gerenciamento adequado do produto após o uso (BRASIL, 2008).

Em relação às lâmpadas fluorescentes, a discussão sobre o destino de pilhas e baterias usadas se encontrava mais disseminada na sociedade. Em 2009, existiam no município, alguns pontos de coleta, localizados em algumas agências de uma rede bancária. A coleta,

²⁶ As informações sobre a coleta de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes foram obtidas a partir das entrevistas realizadas com dois funcionários da SEDEMA responsáveis pela Divisão de Resíduos Sólidos e com funcionário representante do secretário responsável pela Secretaria de Defesa do Meio Ambiente.

promovida pela municipalidade, foi implantada com o objetivo de destinar adequadamente pilhas e baterias geradas pelo poder público e, expandir o acesso a coleta para a população.

Sobre lâmpadas fluorescentes, a legislação que citava diretamente o resíduo pós-consumo era restrita e pouco discutida. O principal documento legal, existente na época, era a NBR 10.004:2004, que classifica no Anexo A, a lâmpada fluorescente como resíduo perigoso devido a toxicidade (ABNT, 2004). No âmbito estadual, a Lei N° 10.888, de 20/09/01, do Estado de São Paulo, trata sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos, incluindo pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e frascos de aerossóis, como resíduos urbanos potencialmente perigosos (SÃO PAULO, 2001).

Embora estabeleça responsabilidades aos fabricantes, distribuidores, importadores, comerciantes ou revendedores pelo recolhimento, pela descontaminação e pela destinação final destes resíduos, a Lei N° 10.888, de 20/09/01 não trouxe nenhum avanço de fato em relação à implantação de ações.

De acordo com as entrevistas, realizadas com responsáveis pela SEDEMA, a Prefeitura de Piracicaba assumiu o gerenciamento de pilhas e baterias para ampliar o número de pontos de descarte. E de lâmpadas fluorescentes, assumiu devido a demora do setor privado em efetivar estratégias para o gerenciamento adequado, expondo aos riscos inerentes o ambiente e a saúde pública. E mesmo após a aprovação da PNRS, essa responsabilidade ainda não foi transformada em ações efetivas.

O orçamento para financiar o manejo dos REEE provém da SEDEMA. Segundo os entrevistados, os custos com o manejo desses resíduos poderiam ser reduzidos caso a PNRS fosse implementada. Os fabricantes seriam os atores prioritários para financiar o gerenciamento.

A estrutura disponibilizada para o manejo são os pontos de coleta em locais públicos e a Central de Resíduos, para armazenar o material coletado. As pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes são enviadas para empresas especializadas no tratamento e descontaminação desses resíduos, sendo um serviço remunerado pela Prefeitura Municipal.

O investimento na coleta de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes foi de R\$ 67.397,00, como discriminado na Tabela 16.

Somam-se ao investimento e ao custo mensal, despesas com a licença de operação da Central de Resíduos, R\$ 14.000,00, e a despesa mensal do aluguel desta, R\$ 7.000,00.

Porém, estas despesas foram compartilhadas com a implantação e manutenção do manejo de outros resíduos.

Tabela 16 - Investimento na coleta de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes

Material	Quantidade	Custo
Containers para lâmpadas	14 unidades	R\$ 58.680,00
Coletores de pilhas e baterias	*	R\$ 2.297,00
Adesivos dos coletores de pilhas e baterias		R\$ 550,00
Placas indicativas	*	R\$ 4.950,00
Banners	*	R\$ 270,00
Folhetos	*	R\$ 1.200,00
Total		R\$ 67.397,00

*não foi discriminada quantidade.

Fonte: disponibilizado por meio de entrevista com representante da SEDEMA em 2011.

Para a operacionalização do manejo de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes, são utilizados recursos financeiros e físicos envolvidos no gerenciamento de outros resíduos sólidos de responsabilidade da Prefeitura, como a Central de Resíduos, o transporte, os funcionários operacionais e gerenciais, dentre outros. Dessa forma, os recursos e custos são otimizados.

Os custos envolvidos referem-se ao aluguel da Central de Resíduos, pagamento de funcionários, transporte, água, energia elétrica, telefone.

O custo efetivo do manejo atribui-se a destinação para empresas especializadas no tratamento destes resíduos.

Segundo dados disponibilizados por Romanini (2011), tendo como referência o ano de 2010, o custo mensal com o gerenciamento de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes é de R\$ 5.172,63. No ano são gastos R\$ 62.071,56.

A Tabela 17 apresenta as despesas per capita e o custo total ao mês e ao ano, do gerenciamento de pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes, por tipo de resíduo.

Tabela 17- Custos da Prefeitura de Piracicaba com o gerenciamento de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes

	Custo total (R\$)		Despesa <i>per capita</i> ¹ (R\$)	
	Mensal	Anual	Mensal	Anual
Pilhas e baterias	1.844,48	22.173,76	0,005	0,06
Lâmpadas fluorescentes	3.328,15	39.937,80	0,009	0,11
Total	5.172,63	62.071,56	0,014	0,17

¹Em relação a população urbana

Fonte: Elaborado pelo autor com dados de Romanini, 2010.

Os dados obtidos, sobre a quantidade coletada, constam que em 2010 foram recebidos cerca de 500 kg de pilhas e baterias e 45 mil unidades de lâmpadas fluorescentes (SEDEMA, 2011a).

5.3.1.1. Estrutura para o gerenciamento de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes

Para a coleta de pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes são disponibilizados coletores nos pontos de coleta e coletores para armazenar o material na Central de Resíduos da Prefeitura de Piracicaba.

A Central de Resíduos está instalada no bairro das Ondas, região Oeste do Município. Era localizada no bairro Paulicéia, região Sul, sendo um local inicialmente projetado para a coleta e armazenamento de pneus usados. O gerenciamento do resíduo de pneus é realizado pela Prefeitura Municipal em parceria com a ANIP, que disponibiliza seu programa de logística reversa Reciclanip.

Na Figura 10, visualiza-se a Central de Resíduos, onde os produtos coletados são armazenados até destinação a unidade de tratamento licenciada. Na Figura 11, podem-se

visualizar os coletores de pilhas e baterias armazenados na Central de Resíduos. E, na Figura 12 (a e b) visualizam-se os coletores para lâmpadas fluorescentes. Os coletores de maior capacidade são utilizados para armazenar na Central de Resíduos. Os coletores de menor capacidade, apontados pela seta, são disponibilizados nos pontos de entrega.



Figura 10 – Vista da Central de Resíduos da Prefeitura de Piracicaba
Fonte: arquivo pessoal, 2012



Figura 11 - Coletores de pilhas e baterias na Central de Resíduos, Piracicaba-SP
Fonte: arquivo pessoal, 2011



(a)



(b)

Figura 12 – Coletores de lâmpadas fluorescentes localizados na Central de Resíduos, Piracicaba-SP

Fonte: arquivo pessoal, 2011

Devido às características do material, os pontos de coleta de lâmpadas fluorescentes necessitam de maior controle e cuidados, para evitar a quebra. Desse modo, os pontos de

entrega são em menor número e em locais que possuem funcionários que possam acompanhar o recebimento das lâmpadas²⁷.

Segundo a Prefeitura, os pontos de coleta estão localizados no centro cívico, nos parques municipais, na Fundação Municipal de Ensino (FUMEP) e nos terminais centrais.

Em novembro de 2011, a Prefeitura divulgou uma cartilha “Resíduos – De onde vem e para onde vai nosso lixo”, esclarecendo a população sobre os pontos de entrega. Além dos pontos já citados, incluía os 5 Ecopontos (SEDEMA, 2011).

Após visitas aos locais constatou-se que o ponto de entrega de lâmpadas fluorescentes instalado no Parque de Santa Terezinha, na região norte, foi desativado. Funcionários do local mencionaram que o espaço era insuficiente, para armazenar o coletor em local adequado. No Parque do Piracicamirim, a questão do espaço para armazenar as lâmpadas fluorescentes, também foi mencionada. Citou-se que material remanescente teve que ser armazenado no almoxarifado e no banheiro, por falta de espaço no coletor. Isso pode ter sido uma demanda atípica, ou pode ser um indicativo de que a demanda está sendo maior do que a planejada, devendo-se adequar a capacidade do coletor ou aumentar o fluxo de coleta dos pontos de entrega para a Central de Resíduos. A coleta nos Ecopontos ainda não foi implantada.

Conforme entrevista com responsáveis pela SEDEMA, a instalação de pontos de entrega, em 2011, nos 6 Terminais de Ônibus Urbano, permitiu aumentar o acesso da população a coleta. Em 2010, o fluxo do sistema de transporte coletivo do Município foi de 33.218.255 acessos, em 2011 de janeiro a julho o fluxo foi de 18.725.782 acessos ao sistema (IPPLAP, 2011e).

A Tabela 18 relaciona os pontos divulgados pela Prefeitura, descrevendo a região onde estão localizados e quais materiais recebem. A célula assinalada com X, no ponto do Parque de Santa Terezinha, indica que o ponto não está em operação.

²⁷ São funcionários operacionais dos locais, não são contratados especificamente para esta função.

Tabela 18 - Pontos de Coleta de pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes

Região	Bairros	Local	Pilhas e Baterias	Lâmpadas Fluorescentes
Centro	Centro	Centro Cívico (Prefeitura de Piracicaba)		
	Centro	Terminal Central de Integração		
Leste	Piracicamirim	Parque do Piracicamirim		
	Piracicamirim	Terminal de Integração do Piracicamirim		
	Cecap	Terminal de Integração do Cecap/Eldorado		
Norte	Jardim Primavera	Zoológico Municipal		
	Santa Terezinha	Parque Santa Terezinha		X
	Vila Sônia	Terminal de Integração Vila Sônia		
	Areião	Fundação Municipal de Ensino		
Oeste	Ondas	Central de Resíduos		
	São Jorge	Terminal de Integração do São Jorge		
Sul	Paulicéia	Terminal de Integração da Paulicéia		

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de SEDEMA (2011a) e informações de entrevistas com representantes da SEDEMA e site da SEDEMA (2012).

Desse modo, são disponibilizados no total 12 pontos de coleta de pilhas e baterias e 4 pontos de coleta de lâmpadas fluorescentes.

O fluxo do gerenciamento de pilhas e baterias e de lâmpadas fluorescentes é semelhante. Difere a unidade de tratamento e reciclagem a que são destinados.

O fluxo inicia-se com seleção na fonte, ou seja, realizada pelos moradores nas residências: a população seleciona pilhas e baterias ou lâmpadas fluorescentes e leva o material até os pontos de entrega. Nos pontos de entrega, o material dos coletores é recolhido e encaminhado até a Central de Resíduos. Na Central de Resíduos, o material é

armazenado até obter-se a quantidade estipulada para envio à unidade responsável pelo tratamento seletivo.

O custo do transporte até o ponto de entrega é do cidadão; dos pontos de entrega, até a Central de Resíduos, a Prefeitura assume os custos de transporte; o custo do transporte até a unidade de tratamento está inserido no contrato com a prestadora de serviço.

Pilhas e baterias são enviadas para a empresa Suzaquim²⁸, localizada em Suzano-SP; e as lâmpadas fluorescentes, para a empresa Tramppo²⁹, localizada em São Paulo-SP.

Essas empresas foram admitidas como prestadoras de serviço para a Prefeitura, após passarem por processo licitatório, onde tiveram que comprovar que são devidamente licenciadas pelos órgãos ambientais para exercerem a atividade de tratamento e reciclagem desses materiais, possuir capacidade técnica, não ter pendências em relação à legislação trabalhista e ambiental, dentre outros requisitos.

Segundo o site eletrônico da empresa, a Suzaquim é licenciada pelo órgão ambiental para tratar resíduos Classe I e Classe II. A empresa trata e recicla pilhas e baterias. No processo, obtém sais e óxidos metálicos que são utilizados como matéria-prima da indústria de cerâmica, de tintas e química em geral, dentre outras. Não se obteve maiores informações sobre o processo.

De acordo com seu site eletrônico, a Tramppo é licenciada para reciclar lâmpadas fluorescentes. A informação disponível é que o material é tratado e reciclado. Não se obteve maiores informações sobre o processo e destino do material proveniente deste.

A Figura 13 ilustra o fluxograma do gerenciamento de pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes realizado pela Prefeitura.

²⁸ Site eletrônico: <http://www.suzaquim.com.br>

²⁹ Site eletrônico: <http://www.tramppo.com.br>

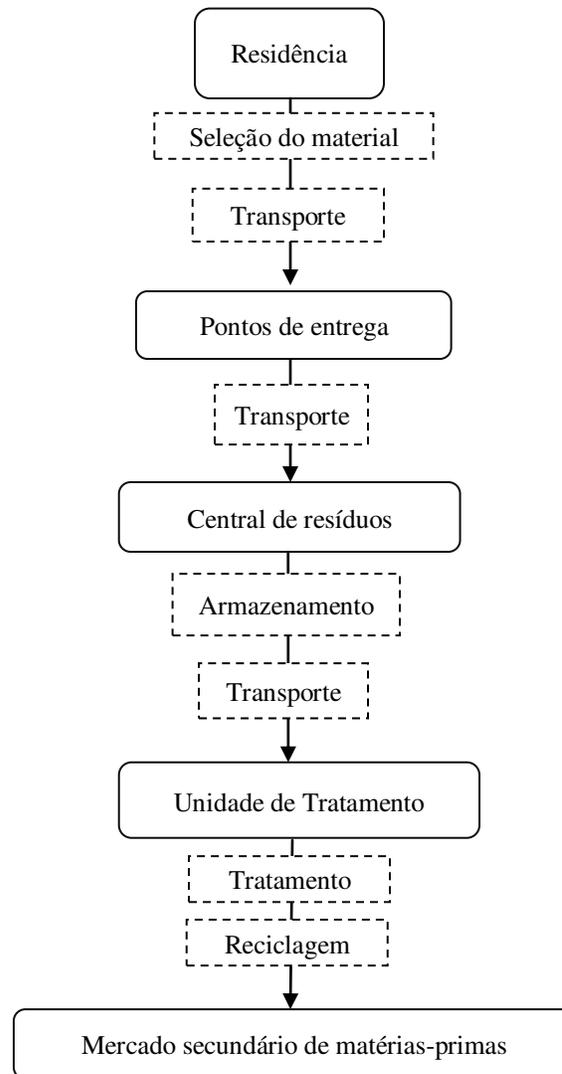


Figura 13 – Fluxo da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes provenientes dos PEV da Prefeitura de Piracicaba

Esse gerenciamento prioriza a seleção na fonte, dessa maneira evita que estes resíduos sejam encaminhados para o aterro sanitário. Os resíduos eletroeletrônicos são a principal fonte de contaminação de aterros sanitários por metais pesados. Sendo assim, esta coleta diferenciada, proporciona ganhos ambientais e a saúde pública. Ainda pode proporcionar potenciais ganhos econômicos a cadeia de operação do manejo de resíduos sólidos urbanos, com a manutenção do aterro sanitário.

5.3.2. REEE duráveis

Como descrito anteriormente, os produtos eletroeletrônicos pós-consumo de características duráveis são as categorias de grandes eletrodomésticos, pequenos eletrodomésticos, equipamentos de consumo, equipamentos de informática e brinquedos.

Foram pesquisadas as seguintes possibilidades de rotas do fluxo pós-consumo de REEE duráveis:

- Coleta do Cata Cacareco (restrita a móveis e grandes eletrodomésticos)
- Coleta na Central de Resíduos

5.3.2.1. Coleta de móveis e grandes eletrodomésticos

Eletrodomésticos de grande porte, como geladeiras, fogões elétricos, máquina de lavar roupa, microondas, dentre outros, podem ser destinados para o programa de coleta de móveis e eletrodomésticos de grande porte conhecida como “Cata Cacareco” (PIRACICABA, 2009).

Segundo o Plano de Saneamento de Resíduos Sólidos Urbano de Piracicaba (PIRACICABA, 2009), este sistema de coleta está em operação desde 2002, para coletar resíduos volumosos nas residências e instituições que, por suas características não podem ser depositados em Ecopontos, destinados a coleta domiciliar ou para a coleta de materiais recicláveis.

A população solicita os serviços do Cata Cacareco por meio do Serviço de Informações à População da Prefeitura Municipal de Piracicaba, ligando 156. A coleta é agendada, sendo o tempo de espera de cerca de 10 a 15 dias (Ibid., 2009).

A coleta do Cata Cacareco é planejada de acordo com a demanda de solicitações dos bairros. Também ocorre quando há campanhas contra a dengue, e a população é orientada a destinar todo o entulho armazenado nas residências para evitar possíveis criadouros de mosquito (Ibid., 2009).

O programa Cata Cacareco coleta cerca de 100 toneladas ao mês de materiais volumosos (Ibid., 2009).

O material pode seguir dois encaminhamentos:

- Quando pode ser utilizado é encaminhado para a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social (SEMDES), a fim de ser doado para famílias cadastradas em programas sociais da Prefeitura.
- Quando não possui condições de utilização é destinado ao Aterro de Resíduos de Construção Civil, onde são triados e desmanchados para comercialização com empresas de reciclagem.

Convém salientar que o gerenciamento dos resíduos coletados pelo Cata Cacareco não é especializado em REEE. De acordo com entrevista com responsável da SEDEMA, atualmente evita-se receber eletroeletrônicos que não estejam em funcionamento e possam ser doados, principalmente os destinados por estabelecimentos de conserto desse tipo de produto. Este procedimento está sendo adotado para evitar que o programa Cata Cacareco seja utilizado apenas para descartar partes e componentes dos REEE que necessitam de tratamento.

5.3.2.2. Coleta na Central de Resíduos

Em novembro de 2011, a Prefeitura divulgou a coleta de REEE de todas as categorias (SEDEMA, 2011b). O objetivo é coletar REEE de origem residencial e de órgãos públicos.

Em entrevista realizada com responsáveis da SEDEMA, foi mencionado que esta coleta ainda é incipiente devido a necessidade de planejar e adequar a estrutura de gerenciamento. Dessa forma, ainda não há informações precisas sobre a operação da coleta.

Não houve investimentos, visto que a estrutura utilizada como ponto de entrega dos REEE e local de armazenamento é a Central de Resíduos. O transporte até o local é de responsabilidade da população.

É provável que o material seja destinado para a empresa Suzaquim, em Suzano-SP. Até o presente, não foram definidos ainda os procedimentos e custos para esta coleta.

O fluxo (Figura 14) do gerenciamento inicia-se com o cidadão selecionando o REEE e entregando-o na Central de Resíduos, onde o material é armazenado. Ao atingir a quantidade adequada para adensamento de carga, o resíduo é encaminhado para a unidade de tratamento e reciclagem. Com o processo de reciclagem o material adentra no mercado secundário de matéria-prima.

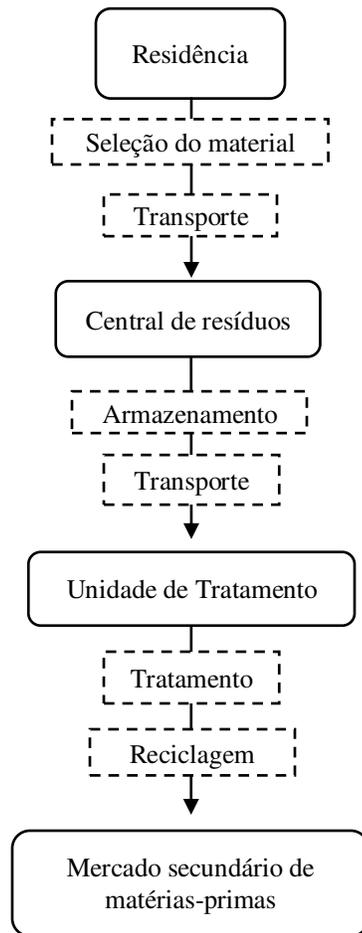


Figura 14– Fluxo da destinação REEE do ponto de entrega na Central de Resíduos da Prefeitura de Piracicaba-SP

5.3.3. Perspectivas futuras para o gerenciamento de REEE pela Prefeitura de Piracicaba

De acordo com as entrevistas realizadas, a Prefeitura municipal tem a expectativa de que o setor privado assuma a responsabilidade pela logística reversa de seus resíduos, atendendo a PNRS, e implante estrutura própria para a coleta dos produtos descartados. Dessa forma a Prefeitura não mais absorveria os custos decorrentes do gerenciamento de REEE. A Prefeitura faria a educação ambiental e assumiria o papel de orientação aos cidadãos sobre como proceder em relação ao descarte correto de REEE.

O entrevistado representante da Secretaria Municipal da SEDEMA, expos que a Prefeitura está realizando o gerenciamento de resíduos além da obrigação exigida por lei, visto que a PNRS, e também a Resolução Estadual SMA 038 de 02/08/2011, obriga os fabricantes a procederem a logística reversa (SÃO PAULO, 2011).

Segundo os entrevistados, o futuro dos programas está pendente, visto que está havendo conflitos quanto ao processo licitatório, justamente devido ao conflito em relação à obrigação do poder municipal. Como a legislação confere a responsabilidade aos fabricantes, o Município não tem como justificar o investimento de recursos públicos nesta área.

Os programas de gerenciamento de REEE estão definidos no Plano de Saneamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Piracicaba, revisado em 2009. É o único documento legal que subsidia a implantação e manutenção destes programas. No futuro, este Plano poderá sofrer novas revisões, e a continuidade dos programas de gerenciamento de REEE fica atrelada a decisões políticas e administrativas.

Há expectativas em relação a parcerias com fabricantes de eletroeletrônicos, tal como ocorre com o programa exitoso de coleta de pneus usados, em parceira com a ANIP, onde os pneus são armazenados na Central de Resíduos e a ANIP faz a destinação final. Porém o município não foi consultado por fabricantes, até o momento.

5.4. REEE na coleta seletiva de materiais recicláveis do município

Desde 2001, existe no município a coleta seletiva de materiais recicláveis³⁰, no sistema porta a porta (MELO, 2012), realizada pela Cooperativa do Reciclador Solidário por meio de convênio firmado com a Prefeitura de Piracicaba (PIRACICABA, 2009).

A Cooperativa do Reciclador Solidário foi formada inicialmente por ex-catadores do aterro controlado Pau Queimado e outros catadores do município. Em 2003, a cooperativa foi regularizada e registrada na Organização das Cooperativas do Estado de São Paulo (OCESP) (PIRACICABA, 2009).

O serviço atende a residências e indústrias. A abrangência da coleta variou ao longo dos anos, sendo que não atinge 100% da população. Atualmente, é realizada em 24 bairros (SEDEMA, 2012), atendendo em torno de 110.893 habitantes³¹, cerca de 30% da população. Em 2010 foram coletadas 1.806 toneladas de material reciclável, o que representou 1,7% do total de resíduos sólidos coletados neste ano³².

No entanto, de acordo com MELO (2012), das 150 toneladas mensais coletadas, apenas 50 toneladas correspondem a coleta domiciliar. As outras 100 toneladas são provenientes da indústria e do comércio.

Dessa forma, pode-se calcular que a quantidade de material reciclável produzida nas residências atendidas pela coleta seletiva é em torno de 0,45 Kg/mês por habitante³³.

Em maio de 2009, parte da coleta foi terceirizada. Assim, a coleta nas residências também é realizada por garis da empresa licitada para limpeza urbana (PIRACICABA, 2009).

Segundo Romanini (2011), o custo mensal da Prefeitura com a coleta seletiva é de cerca de R\$ 100.000 ao mês. Este verba é repassada com o pagamento de aluguel do

³⁰Excetuando-se móveis e eletrodomésticos de grande porte (Coleta do Cata Cacareco), de pilhas e baterias, de lâmpadas fluorescentes, óleo doméstico usado e pneus.

³¹Dados calculados a partir da Densidade Demográfica por Bairro em 2000, IBGE, Censo Demográfico 2000 (IPPLAP, 2001).

³²Dados da quantidade coletada de material reciclável e da quantidade coleta de resíduos sólidos domiciliares se encontram no tópico 5.1.1. Dados calculados a partir de IPPLAP, 2011c e IPPLAP, 2011d.

³³ O calculo realizado foi: 50 toneladas/110.893 habitantes.

barracão, energia, caminhões, motoristas e garis. Deste valor, aproximadamente 90 mil reais são para pagar a coleta feita pelos garis (seis caminhões, seis motoristas e nove garis) (MELO, 2012).

Atualmente, a Cooperativa conta com 17 cooperados. Além dos garis da coleta, foram designados 10 auxiliares da empresa licitada para realizar serviços de limpeza urbana para ajudar na triagem do material³⁴.

A segregação primária (separação entre orgânico e reciclável) é feita na fonte e a coleta do resíduo reciclável é realizada nas residências, por meio dos seguintes sistemas (MELO, 2012):

- A. Um motorista e dois garis da empresa licitada e mais dois cooperados realizam a coleta. Nesse sistema o reciclável deve ser deixado na calçada, conforme a coleta convencional. O caminhão passa uma vez por semana;
- B. Um motorista e três cooperados realizam a coleta batendo de porta em porta. Essa coleta é realizada no centro;
- C. Um caminhão faz a coleta nos prédios da cidade de segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira.

O caminhão é descarregado na Cooperativa, onde é realizada a triagem e prensagem, para posterior comercialização. O que não pode ser vendido ou não é reciclável vai para o aterro sanitário (MELO, 2012).

A Cooperativa do Reciclador Solidário coleta REEE³⁵ de residência, indústrias e comércios. A coleta do REEE é realizada juntamente quando ocorre a coleta dos demais recicláveis. O fluxo inicia-se com a seleção na fonte do REEE pelos moradores. O resíduo é coletado na residência pela Cooperativa do Reciclador Solidário ou empresa licitada, após é transportado até o barracão da Cooperativa. Quando há interesse, o material que pode ser reutilizado é vendido a um preço módico para os cooperados. A maior parte do material é direcionada para a comercialização, como sucata. Os procedimentos são os seguintes:

- A. Eletrodomésticos: separam-se as partes plásticas e metálicas.

³⁴ Informações obtidas por meio de entrevista com responsável pela cooperativa

³⁵ As informações seguintes sobre coleta de REEE foram obtidas por meio de entrevista realizada com responsável pela cooperativa

- B. Resíduos de informática: são comercializados inteiros. Materiais como teclados são vendidos por peso; CPU são vendidos por unidade.

Os resíduos plásticos e metálicos separados de eletrodomésticos são armazenados nas caçambas de plásticos e sucata metálica junto aos recicláveis provenientes de outras fontes e são vendidos para compradores diferentes.

Os resíduos de informática são vendidos para a empresa Reciclick³⁶ – Descarte Tecnológico, localizada em Iperó, SP (a 95 km de distância da Cooperativa³⁷). A empresa não possui site eletrônico, assim não se obteve informações sobre o processo.

Segundo entrevistado da Cooperativa, a empresa emite um laudo assumindo a responsabilidade pelo resíduo e sua destinação adequada³⁸. São coletados cerca de 300 Kg ao mês de REEE, entre monitores, teclados e CPU. A empresa paga em torno de R\$ 0,30/Kg de material. Alguns materiais são outros valores, CPU, por exemplo, são vendidos por cerca de R\$ 1,00 a unidade. Após o material ser comercializado, não foi possível traçar os procedimentos, infere-se pela natureza do negócio em questão, que o resíduo passe por processos de reciclagem e, o destino seja o mercado secundário de matérias-primas.

A Figura 15 mostra o fluxo do gerenciamento de REEE provenientes da coleta seletiva realizada pela Cooperativa do Reciclador Solidário.

³⁶ A empresa não tem site.

³⁷ Segundo rota traçada no site Google Maps (<http://maps.google.com.br/>).

³⁸ Apesar de que, pela Política Nacional de Meio Ambiente, o gerador é co-responsável pelo resíduo, ou, seja, não cessa sua responsabilidade ao transferir para outro agente.

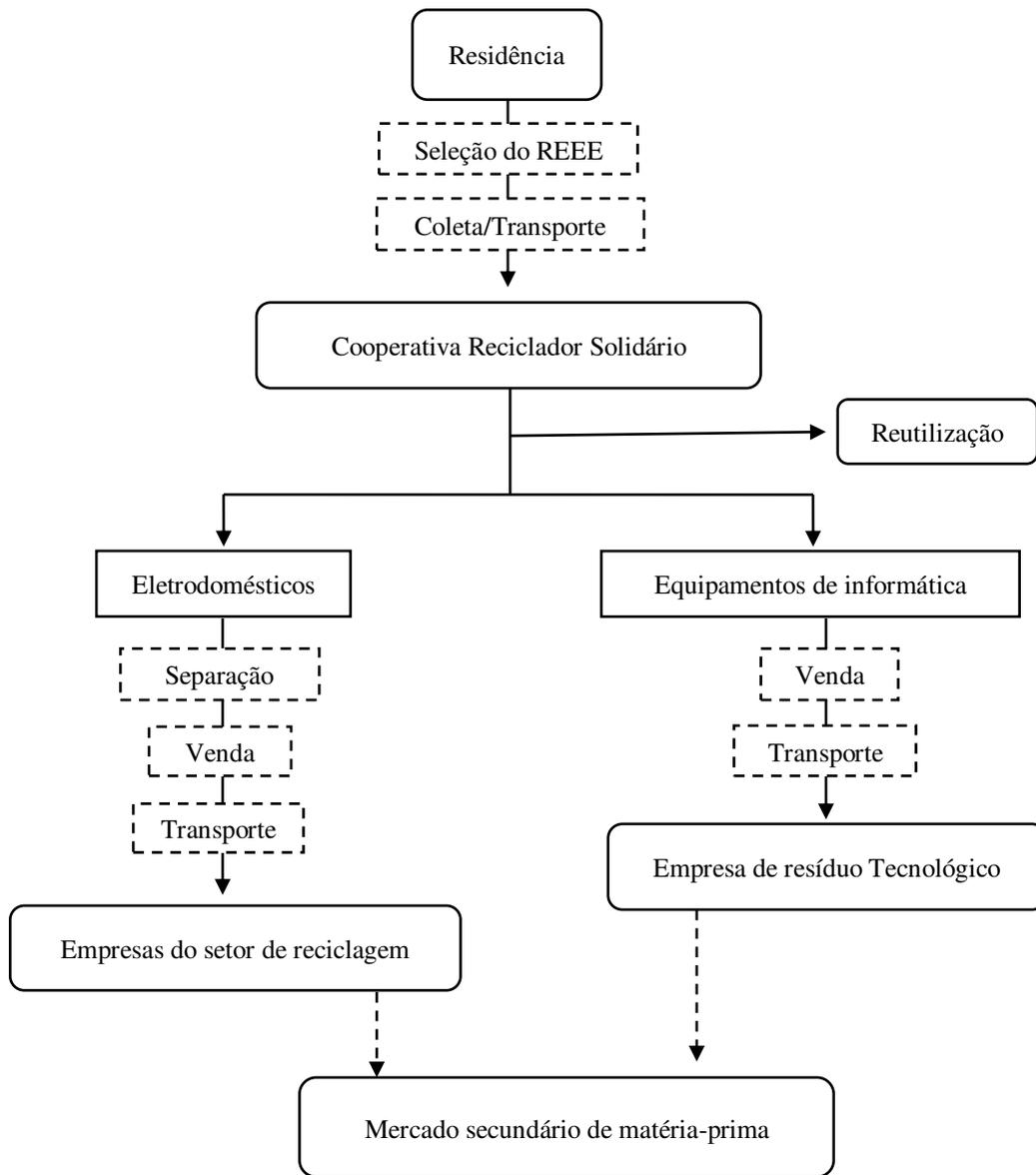


Figura 15- Fluxograma do gerenciamento de REEE na coleta seletiva da Cooperativa do Reciclador Solidário

A coleta de REEE realizada pela Cooperativa é vista com cautela pela Prefeitura devido aos riscos envolvidos com o resíduo. De acordo com responsável da Prefeitura, coletar esse tipo de resíduo não é papel da Cooperativa e a Prefeitura Municipal, e esta como poder público, tem que pensar na segurança dos cooperados.

Em visita à Cooperativa, em 2010, o resíduo estava armazenado diretamente em contato com o solo e sem proteção para a água da chuva. Isso ocorria devido, a

insuficiência de espaço e falta de alternativa para a destinação do REEE. Já na visita feita a Cooperativa em 2012, observou-se que o material estava armazenado no barracão em local impermeável e coberto.

É importante considerar a questão da prevenção, pois as instalações precisam ser adequadas e o pessoal treinado para manipulação adequada deste tipo de resíduo, para o manejo de REEE não acarretar em riscos ocupacionais e contaminação do ambiente.

5.5. Estrutura do setor privado para gerenciamento de REEE

Foram pesquisadas as seguintes opções de rota de REEE no setor privado:

- Assistências técnicas autorizadas e especializadas;
- Depósitos de sucata;
- Pontos de coleta de entidades do setor privado;
- Pontos de coleta de empresas de telefonia celular;
- Estratégias dos fabricantes de produtos eletroeletrônicos.

Foram pesquisadas de forma independente as iniciativas de entidades do setor privado e estrutura implantada por empresas de telefonia celular e fabricantes.

Nos pontos de entrega do setor privado disponibilizados por diversas entidades do setor privado, como banco, supermercados, farmácias, dentre outros, são recebidos produtos sem discriminação de marcas. Estes pontos podem ser disponibilizados por varejistas que revendem produtos como pilhas e aparelhos celulares. Os fabricantes e empresas de telefonia celular disponibilizam pontos para receber produtos de sua marca específica.

As assistências técnicas não atuam necessariamente como pontos de coleta de REEE, mas pode ser o elo intermediário entre o produto ter sua vida útil estendida ou tornar-se um resíduo pós-consumo.

5.5.1. Assistências técnicas autorizadas e especializadas

De acordo com a Fundação de Proteção ao Consumidor - Procon a assistência técnica autorizada é o estabelecimento comercial autorizado pelo fabricante para realizar a manutenção do produto que ainda está no prazo da garantia legal ou da garantia contratual. Dessa forma, os endereços e telefones desses locais devem constar no termo de garantia do produto ou manual do usuário. Já a assistência técnica especializada, presta serviços de manutenção para determinados produtos, de forma onerosa, sem vínculo com o fabricante (PROCON, 2012).

Após o produto apresentar falhas no funcionamento o consumidor poderá buscar o serviço de assistências técnicas para recapturar o valor do produto. Esta emitirá seu parecer técnico que determinará o destino do bem.

As assistências técnicas autorizadas e especializadas atuam entre a etapa em que, o produto poderá adentrar em uma fase de 2º uso, ou, tornar-se um resíduo pós-consumo.

A assistência técnica autorizada atua também como um elo intermediário entre consumidor e fornecedor. Segundo Leite (2009) ela é um canal de distribuição reversa de pós-venda³⁹. Nesse caso, são produtos que não foram usados ou com pouco uso, que apresentam problemas em seu desempenho quando ainda possuem a garantia legal ou garantia contratual⁴⁰. Constatado o defeito, o fabricante é obrigado a oferecer o serviço de manutenção ou substituição do bem, por meio da assistência técnica.

³⁹ Segundo Leite, 2009 o canal reverso de pós-venda retorna para o fabricante bens não usados ou com pouco uso que apresentam problemas em relação à qualidade e defeitos. Esses produtos se encontram dentro do prazo de garantia legal ou da garantia contratual, oferecida pelo fabricante. Problemas com o desempenho do produto podem ser causados por avarias durante o transporte, defeitos de fabricação, mau funcionamento entre outros. O fabricante realiza o reparo ou a troca do produto. Segundo o autor, nesses casos é a imagem da empresa que está em risco, assim um bom serviço de pós-venda garante o reforço da imagem e confiança.

⁴⁰ De acordo com informações disponíveis no site do Procon (2012): *“Garantia legal é o prazo que o consumidor dispõe para reclamar dos vícios (defeitos) constatados em produtos adquiridos ou na contratação/realização de serviços. Este direito independe do certificado de garantia, bastando a apresentação de um documento que comprove a compra. Quanto aos prazos, estes estão previstos no artigo*

Foram realizadas entrevistas com 10 assistências técnicas. Algumas delas realizam a manutenção em várias categorias de equipamentos.

Realizam manutenção de produtos da categoria Grandes Eletrodomésticos 7 entrevistadas. Os produtos citados que mais são encaminhados para a manutenção são: Refrigerador; freezer; Máquinas de lavar roupa e louça; Centrifuga de roupas; Adega eletrônica; Bebedouro eletrônico; Microondas; Aparelho de ar condicionado. Da categoria de Pequenos eletrodomésticos foram entrevistadas 2 assistências técnicas. Os produtos que estas mais realizam assistência técnica são: Aspirador de pó; Ferro de passar roupa; Secador de cabelo. Foram entrevistadas 4 empresas que prestam assistência técnica em equipamentos de informática e de telecomunicação. Os equipamentos mais citados foram: Computador pessoal; Monitor; Notebook; Impressora; Calculadora; Aparelho de fax. Da categoria de equipamentos de consumo foram entrevistadas 2 empresas. Os produtos que são mais encaminhados para estas empresas são: Aparelhos de áudio; Televisão; aparelho de DVD; Videocassete. Uma empresa entrevistada presta assistência para videogames.

As assistências técnicas apresentaram pouca noção da quantidade de resíduos gerados ao mês. As informações foram bem imprecisas e não se obteve respostas dentro de uma unidade básica. As respostas variam muito por categoria de produtos.

Notou-se a resposta de 2 assistências de aparelhos de televisão e áudio e 1 assistência de equipamentos de informática. Estas mencionaram que cerca de 20 a 30% dos aparelhos que recebem tornam-se resíduo. São em média de 20 a 30 aparelhos descartados ao mês.

Notou-se também, o comentário de 4 entrevistados que mencionaram que clientes pedem para deixar ou abandonam produtos na assistência quando não tem conserto, ou este não compensa (quando se compara com o valor de um produto novo).

De acordo com 5 entrevistados, o fabricante orienta sobre procedimentos para a destinação de resíduos. Essa orientação ocorre para peças e equipamentos defeituosos que

26 do Código de Defesa do Consumidor. O direito de reclamar pelos vícios aparentes ou de fácil constatação caduca em noventa dias, tratando-se de fornecimento de serviço e de produtos duráveis.”e “A Garantia contratual é o prazo concedido pelo fornecedor ao consumidor, após o vencimento da garantia legal para reclamar dos vícios (defeitos). Em conformidade com o artigo 50 do Código de Defesa do Consumidor, deverá ser conferida mediante termo escrito, padronizado, que esclarecerá de maneira adequada em que consiste a garantia, a forma, o prazo, o lugar em que poderá ser exercitada, bem como as despesas que ficarão a cargo do consumidor.”

estão dentro do período de garantia. A mesma situação ocorre com o material que retorna para o fabricante. Foram 6 entrevistados, que expuseram que o fabricante coleta peças e produtos, resultantes de manutenção realizada dentro da garantia.

No caso de resíduos provenientes de produtos fora da garantia, o fabricante não coleta. Assim, os resíduos podem receber variados destinos, que são de acordo principalmente com seu valor de revenda:

- 8 assistências vendem o resíduo para depósitos de sucata;
- 1 assistência citou que doa o material para a cooperativa de reciclagem;
- 1 assistência deixa o resíduo na rua para catadores informais;
- 2 assistências dispõem o que não tem valor junto à coleta de resíduo domiciliar;
- 1 assistência destina parte que não tem valor para o programa Cata-cacareco da Prefeitura.

Na questão sobre o destino de resíduos de assistência técnica é possível acrescentar a os dados das entrevistas realizadas com 8 assistências técnicas autorizadas indicadas por fabricantes de EEE pelo SAC e site⁴¹, visto que estes dados são complementares.

Dessa maneira, pode se esquematizar de forma simplificada as diversas possibilidades de destino para os produtos que são encaminhados para assistência técnica no Município, conforme a Figura 16.

⁴¹ A análise dessas entrevistas encontram-se no tópico 5.5.5.

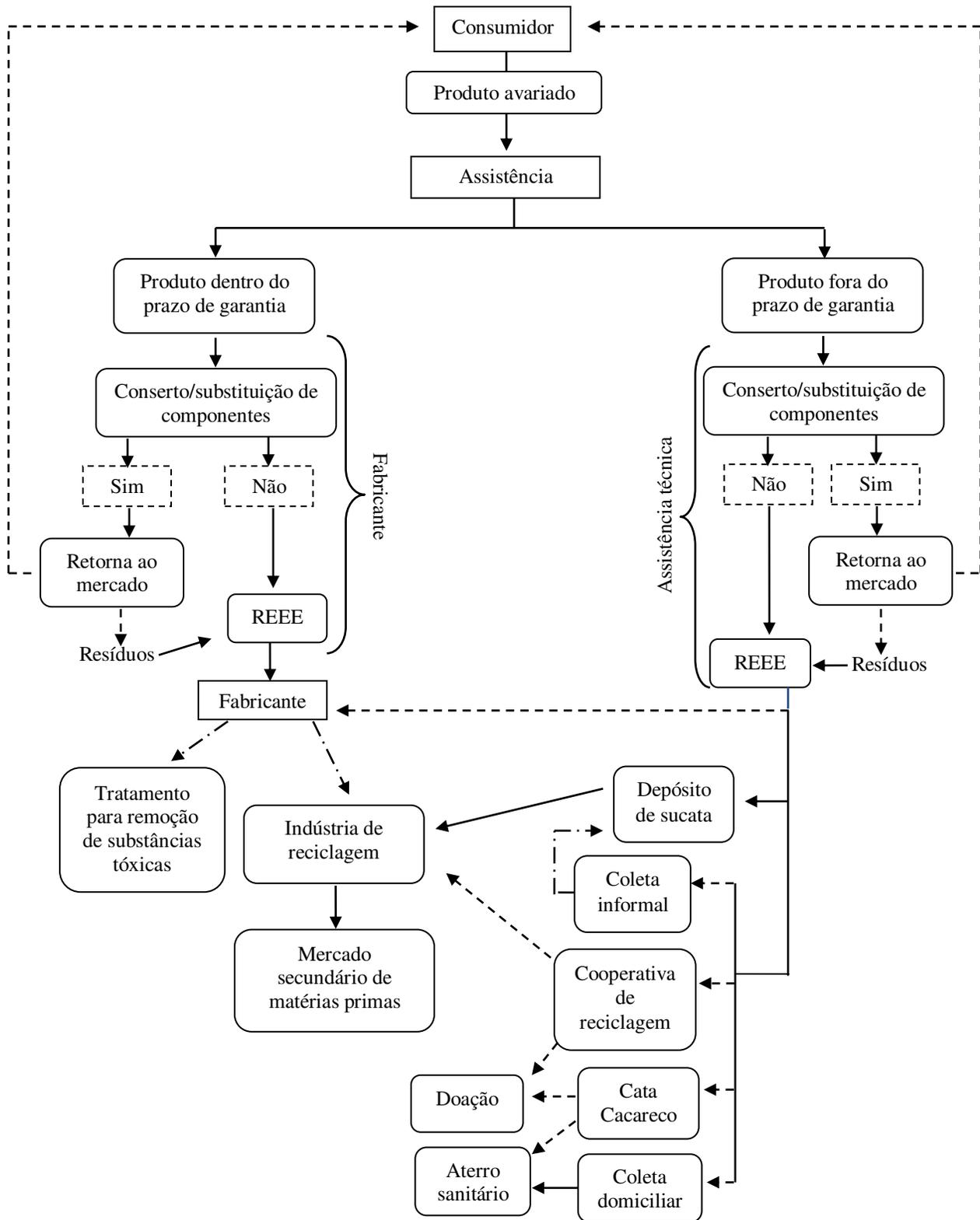


Figura 16– Fluxo dos produtos com avaria e seus potenciais resíduos na assistência técnica

Conforme, pode-se observar o esquema inicia-se na fase de consumo, quando o produto apresenta defeito e é enviado para a assistência técnica. Dependendo do tipo de produto pode haver a coleta na residência ou o consumidor leva o bem até a assistência.

A diferenciação do destino do produto avariado e de seus potenciais resíduos ocorre devido a garantia. Se o produto estiver no prazo de garantia, o destino será de responsabilidade do fabricante. Os resíduos, que eventualmente venham a ser gerados, serão de responsabilidade deste. Nota-se que o produto mesmo sem uso pode tornar-se resíduo, se houver avarias que impeçam seu correto desempenho. Isso pode ocorrer por defeito de fabricação, problemas no transporte ou uso incorreto pelo consumidor. Mas nesse caso, o produto será considerado dentro de um canal de pós-venda e não de pós-consumo.

No caso de produtos fora de garantia, se não houver conserto, adentra em canais de pós-consumo. E como levantado, o mais comum será a própria assistência proceder a destinação.

Na pesquisa, não foram considerados o mercado de bens de segunda mão e o mercado de reutilização de peças, pois o foco da mesma foi a fase de fim de vida útil dos produtos.

Não foi realizado levantamento dos procedimentos adotados pelos fabricantes em relação ao resíduo que retorna das assistências. Porém, foi feita uma inferência, de acordo com o que aponta a legislação pertinente e a literatura especializada, que o principal destino seja o mercado de reciclagem e o tratamento para remoção de substâncias tóxicas.

A coleta informal, realizada por catadores, também não foi estudada. A inferência baseia-se na entrevista realizada com os estabelecimentos de comércio de sucata e na bibliografia.

O fluxo apresentado na Figura 16 representa uma simplificação dos possíveis destinos, por isso não foram considerados canais intermediários.

No tópico seguinte analisam-se os depósitos de sucata, que são o principal destino citado, para os resíduos de assistência técnica.

5.5.2. Depósitos de sucata

Foi realizada entrevista com 10 estabelecimentos de comércio de sucata. Esses locais também são conhecidos como ferro velho ou sucateiros e realizam o serviço de comercialização de materiais recicláveis provenientes de todo tipo de produto. A compra e venda de REEE é vantajosa, pois até 47,9% de sua composição é ferro e aço e 15,3% são plásticos (WIDMER et al, 2005).

Segundo os entrevistados, quem encaminha eletroeletrônicos para seus estabelecimentos são:

- Catadores (resposta de 4 entrevistados);
- Residências (resposta de 4 entrevistados);
- Assistências técnicas (resposta de 3 entrevistados);
- Empresas de informática (resposta de 1 entrevistado);
- Escola de informática (resposta de 1 entrevistado);
- Empresas (resposta de 1 entrevistado).

Os depósitos de sucata adotam 2 procedimentos diferentes para o material coletado:

- 7 estabelecimentos realizam o desmanche do eletroeletrônico: desmontam e separam todas as partes, e vendem o material separado para diferentes locais.
- 3 locais não procedem o desmanche. Vendem o eletroeletrônico inteiro para outros depósitos de sucata.

Entre os entrevistados, 5 estabelecimentos citaram que todas as partes dos REEE são comercializadas. Destes, 3 locais não fazem o desmanche do eletroeletrônico, e dessa maneira, comercializam o material inteiro, provável motivo de não haver rejeitos.

O plástico de computador e o tubo de CRT de televisores e computadores são materiais que foram citados como não tendo comercialização pelos 5 estabelecimentos que responderam que não vendem todas as partes do material.

O destino desses materiais é variado. Foi mencionado por 2 estabelecimentos que o plástico é disposto na coleta domiciliar de resíduo. Os outros estabelecimentos, cada um

apresentou diferentes respostas: o plástico é encaminhado para Ecopontos da Prefeitura; o plástico e os tubos de CRT são encaminhados para o Programa Cata Cacreco da Prefeitura; o tubo de CRT é colocado em caçamba de sucata indiferenciada.

Observou-se, que o armazenamento e manuseio dos REEE nesses locais são realizados de forma inadequada, sem considerar a proteção ambiental e a saúde dos trabalhadores. Somente 3 estabelecimentos possuía área impermeabilizada e proteção contra intempéries. Nos demais estabelecimentos visitados, o material era armazenado diretamente no solo e exposto a ações climáticas. Tal como pode ser observado na figura 17 (a e b).



(a)



(b)

Figura 17 - REEE armazenado em depósitos de sucata localizado em Piracicaba-SP

Fonte: arquivo pessoal, 2011



(a)



(b)

Figura 18 – Desmanche de REEE em um depósito de sucata de eletroeletrônico, em Piracicaba-SP

Fonte: arquivo pessoal, 2011

O manuseio dos REEE é realizado por meio de técnicas rudimentares. Os processos de desmanche são manuais. O material é desmontado e quebrado para separar as partes de interesse. O tubo de raio catódico, por exemplo, observou-se que é desmontado sem procedimento para a remoção do chumbo. Na figura 18 (a e b), pode se observar a bancada de trabalho, onde o tubo de raio catódico é desmontado. Nota-se que o procedimento é romper a parte de trás para retirada do cobre.

O mesmo ocorre com o motor dos refrigeradores: é separado; após corta-se o tubo onde é armazenado gás, para esvaziá-lo na atmosfera. Na figura 17 b, pode se observar as condições em que o refrigerador é desmontado. Não há local apropriado para o procedimento e nem equipamento para remoção dos gases.

Notou-se, durante as visitas, que estes os trabalhadores realizam estes procedimentos sem equipamentos de proteção individual, como luva e máscara. Esses processos de reciclagem são impróprios e podem ser consideravelmente prejudiciais. Principalmente, para os trabalhadores que manipulam esses resíduos e são diretamente expostos aos poluentes.

Os depósitos de sucata foram apontados, pelas assistências técnicas, como principal destino dos REEE gerados. E, como levantado, esses locais podem ser destino também dos REEE de residências e da coleta informal de catadores. Dessa forma, o objetivo da recuperação de materiais por meio da reciclagem está sendo parcialmente atingido. Entretanto, a proteção ambiental não está sendo considerada, portanto não é uma destinação adequada.

Parte significativa do fluxo de resíduos pode estar sendo processada de forma potencialmente danosa ao ambiente e às pessoas que manipulam REEE nesses estabelecimentos. Esses locais compram e vendem REEE, mas não realizam o tratamento ambientalmente adequado das partes de componentes tóxicos e rejeitos.

Nesse elo da cadeia de retorno dos produtos pós-consumo para o ciclo de matéria-prima, as responsabilidades quanto às consequências ambientais e sociais são exíguas. E no que condiz a responsabilidade do fabricante, esta se torna nula.

5.5.3. Pontos de entrega voluntária de entidades do setor privado

Foram identificadas pontos de coleta de 12 instituições privadas que implantaram no município 23 pontos de descarte para pilhas e baterias, aparelhos celulares e material de informática.

São empresas de diversas áreas do setor de serviços: instituição bancária; escola de informática; farmácia; e, empresas do setor de varejo que comercializam celulares ou pilhas e baterias.

Destas ações, 11 instituições disponibilizam coletores destinados ao recolhimento de pilhas e baterias; 4 iniciativas contemplam celulares, pilhas e baterias e; 1 iniciativa foi implantada para a coleta de material de informática (computadores, notebooks, periféricos etc). Das 12 empresas identificadas, 11 responderam ao questionário.

Foi afirmado por 10 empresas que a implantação dos pontos de descarte é uma ação desenvolvida pela própria instituição e não há a participação de fabricantes dos produtos coletados, sendo assim essas empresas mantêm financeiramente a coleta do material. Foi afirmado por 2 empresas que fabricantes dos produtos participam do programa de descarte. Em um caso, fabricantes participam do processo de reciclagem de celular, mas não há responsabilidade financeira. Apenas 1 empresa afirmou ter desenvolvido o programa de descarte de celulares em conjunto com o fabricante aparelho celular e recebe aparelhos de todas as marcas.

Os pontos de descarte são considerados programas institucionais de sustentabilidade desenvolvidos pelas matrizes e instituídos nas filiais. Dessa forma, constatou-se que os responsáveis das filiais têm conhecimento superficial sobre o programa.

Os entrevistados responsáveis pelos estabelecimentos, afirmaram que foi firmada parceria com empresas especializadas na reciclagem do material e todo o controle da logística é realizado por essas empresas. Por vezes, o material coletado é enviado à matriz e após é destinado às empresas especializadas.

A empresa que recebe resíduos de equipamentos de informática é uma rede de escolas de informática. A matriz firmou um convênio com uma Organização Não Governamental,

especializada no condicionamento de computadores, que atua na região da grande São Paulo.

Uma empresa afirmou que o fabricante de celulares se responsabiliza pela coleta e destino final do material coletado nos 2 pontos de descarte que mantém no município.

As 12 empresas mantêm 23 pontos de descarte no município. A Tabela 19 apresenta a quantidade de pontos de descarte por tipo de material e região do município. Alguns pontos coletam mais de um tipo de material.

Tabela 19 – Quantidade de pontos de descarte da iniciativa privada por região e tipo de material

Região	Quantidade de pontos de descarte		
	Pilhas e baterias	Celulares	Material de informática
Centro	16	4	1
Leste	3	0	0
Norte	2	1	0
Oeste	1	1	0
Sul	0	0	0
Total	22	6	1

5.5.4. Pontos de coleta de empresas de telefonia celular

As empresas de telefonia celular disponibilizam pontos de coleta de baterias e celulares, atendendo a resolução CONAMA 401 de 04/11/2008 (BRASIL, 2008). A lei estabelece que os estabelecimentos que comercializam pilhas e baterias, rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores, devem receber dos usuários os produtos usados.

Foi realizada entrevista com 4 empresas de telefonia celular. Apenas, 1 não disponibilizava em suas lojas coletores de pilhas, baterias e celulares para os clientes.

Nos pontos de coleta identificados, são recolhidos, além de pilhas, baterias e celulares, acessórios relacionados aos aparelhos celulares como carregadores, cabos USB e *modems* de internet 3G.

As 3 empresas de telefonia celular que possuem programas de descarte, em conjunto possuem 9 lojas no município.

O programa de 2 empresas não tem participação de fabricantes de aparelho celular e são as próprias empresas de telefonia que mantêm financeiramente o programa. Em 1 empresa é realizada a triagem dos aparelhos descartados e cada fabricante é responsável pelo material de sua marca.

Na tabela 20, se encontra o número de pontos de descarte disponibilizados por estas empresas por região do município. Não foram identificados pontos de coleta nas regiões leste e oeste.

Tabela 20 - Quantidade de pontos de descarte de empresas de telefonia celular por região

Região	Quantidade de pontos de descarte
Centro	4
Norte	4
Sul	1
Total	9

5.5.5. Estratégias de descarte de REEE de fabricantes de eletroeletrônicos

Foi realizada uma pesquisa nos *sites* institucionais e nos Serviços de Atendimento ao Consumidor (SAC) de fabricantes de eletroeletrônicos, com o objetivo de levantar se possuem estratégias de descarte de produtos pós-consumo e como estes orientam os consumidores sobre esse descarte.

Foram consultados os *sites* institucionais de 39 fabricantes, e o SAC com prefixo 0800 (por ser gratuito) de 22 fabricantes de produtos eletroeletrônicos⁴².

⁴² Foi contatado o SAC de 31 fabricantes, em 8 empresas a chamada não foi atendida; 1 fabricante não informa sem o número de série do produto.

Foram pesquisados fabricantes das seguintes categorias de equipamentos, sendo que alguns atuam no mercado de diversas categorias de equipamentos:

- Pequenos eletrodomésticos (liquidificador, batedeira, secador de cabelo, torradeira, aspirador de pó, ferro de passar roupa, etc): 3 fabricantes atuavam com essa linha de produtos;
- Grandes eletrodomésticos (Refrigerador, máquina de lavar roupa, fogão, micro-ondas, *freezer*, centrifuga de roupa, etc): 7 fabricantes;
- Equipamentos de informática e telecomunicação (computador pessoal, notebook, iPad, aparelho celular, impressora, etc): 24 fabricantes;
- Equipamentos de consumo (televisão, rádio, DVD, aparelho de som, câmera fotográfica, filmadora, etc): 13 fabricantes;
- Ferramentas (furadeira, máquina de costura, máquina de cortar grama, etc): 2 fabricantes;
- Brinquedos (videogame, etc): 1 fabricante;
- Equipamentos de iluminação: 1 fabricante;
- Pilhas e baterias: 1 fabricante.

O objetivo foi verificar se a empresa disponibiliza algum canal de retorno e informações sobre descarte de produtos e dão instruções ao consumidor sobre os procedimentos. Não se avaliou, no entanto quais os procedimentos mais adequados entre os adotados pelas empresas.

O Quadro 3 relaciona os fabricantes pesquisados, identificados por “F” e número correspondente e as principais linhas de produtos que comercializam.

Quadro 3 – Legenda dos fabricantes pesquisados e principais linhas de produtos

Fabricante	Principais linhas de produtos	Fabricante	Principais linhas de produtos	Fabricante	Principais linhas de produtos
F1	Monitores, TVs	F14	Máquina fotográfica, impressora, pilha, lâmpadas	F27	Pilhas e baterias
F2	Informática, Notebooks	F15	Impressora	F28	Som e imagem, informática
F3	Informática, Notebooks, iPhone, iPad, monitores	F16	Grandes eletrodomésticos	F29	Som e imagem, iluminação, pilhas, eletrodomésticos
F4	Pequenos eletrodomésticos	F17	Informática, Notebooks, câmeras digitais, calculadora	F30	DVD e som automotivo
F5	Notebooks	F18	Informática, Notebooks	F31	Informática
F6	Projetores multimídia	F19	Grandes eletrodomésticos	F32	Celular, som e imagem, máquina fotográfica, informática, refrigerador
F7	Pequenos eletrodomésticos, ferramentas elétricas	F20	Informática, Notebooks	F33	Som e imagem, informática
F8	Pequenos eletrodomésticos	F21	Impressora	F34	Máquina de costura
F9	Som e imagem	F22	Som e imagem, celular, informática, grandes eletrodomésticos,	F35	Som e imagem, informática
F10	Som e imagem, notebooks	F23	Grandes eletrodomésticos	F36	Videogame
F11	Televisores	F24	Aparelho celular	F37	Informática, Notebooks
F12	Informática, Notebooks	F25	Grandes eletrodomésticos	F38	Grandes eletrodomésticos
F13	Grandes eletrodomésticos	F26	Aparelho celular	F39	Impressora

A pesquisa realizada nos *sites* institucionais verificou que 18 empresas, (46%), possuem estratégias para a coleta pós-consumo e divulgam orientações sobre como o consumidor deve proceder para descartar os produtos; 54% das empresas não disponibilizam canais de reciclagem e informações no site.

Constatou-se que os *sites* não estão sendo satisfatórios, como meio para se obter informações sobre descarte de produtos. Isto ocorre devido a dificuldade de encontrar a informação, é necessário procurar muito entre os diversos *links* dos sites e procurar *links* dentro das páginas e, em alguns casos, ainda assim, não foi possível encontrar. Em alguns fabricantes, só foi possível obter a informação após digitar no site de busca o nome da

marca e palavras como “*descarte*” ou “*reciclagem*”. Dessa forma, os sites não estão sendo eficientes na questão da acessibilidade da informação.

Mas na questão da informação sobre reciclagem alguns sites são bem educativos e lúdicos, demonstrando todos os passos do processo. Dessa forma, o consumidor pode entender o ciclo de vida do produto.

No levantamento de dados realizado nos SACs, simulou-se uma situação onde o pesquisador fez o papel de um consumidor, residente no município de Piracicaba, buscando informações sobre o descarte de determinado produto da empresa.

Essa pesquisa objetivou obter informações sobre as ações regionais das empresas em relação ao descarte de seus produtos e como estas orientam o consumidor de determinada região a proceder.

Das 22 empresas consultadas pelo SAC, 41% afirmaram possuir programa de descarte de produtos; 6 informaram não possuir programa de logística reversa mas indicaram locais que mantêm como pontos de descarte de seus produtos no município; 4 empresas afirmaram possuir programas de logística reversa, mas indicaram pontos de descarte em outros municípios.

A Tabela 21 apresenta a síntese das informações coletadas nos sites institucionais e SACs.

O primeiro termo utilizado no questionamento foi se a empresa disponibilizava programa de logística reversa. Esse termo não foi bem compreendido pelos atendentes do SAC. Houve 3 casos em que a informação sobre logística reversa foi compreendida prontamente. Dessa forma, a segunda opção foi perguntar se a empresa tinha programa de coleta de produtos usados e/ou quebrados e disponibilizava aos consumidores locais para descartar aparelhos usados, velhos ou quebrados.

A pesquisa realizada, por meio do SAC, observou que são poucos os serviços de atendimento ao consumidor que estão preparados para fornecer a informação sobre descarte de produtos pós-consumo. Notou-se que a maioria não possui funcionários devidamente treinados para compreender o termo “logística reversa” e a informação sobre descarte de produtos não é usual. Alguns atendentes solicitaram aguardar na linha para poderem perguntar ao supervisor.

Pesquisa semelhante realizada pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC) obteve o mesmo resultado. O IDEC pesquisou 13 fabricantes de *notebooks*, por meio de envio de questionário as empresas, contato com os SACs e visita aos sites institucionais. Constatou que 12 dessas empresas não foram capazes de orientar seus compradores sobre o destino correto dos produtos fora de uso (IDEC, 2009).

Segundo a pesquisa do IDEC, os atendentes dos SACs se mostraram despreparados, visto que não souberam dar informações básicas sobre o assunto. Os sites, na avaliação, também não foram eficientes em informar o consumidor.

Essas constatações podem explicar a divergência de informações, entre as 22 empresas pesquisadas pelo site e SAC: 59% dos SAC apresentaram informações divergentes do que consta no site institucional da empresa. Ocorreram duas situações divergentes:

- Em 58%, a informação sobre procedimentos de descarte e reciclagem estavam disponíveis no site e o SAC afirmou que a empresa não possuía programa de descarte.
- Em 42%, o site não possuía informação e o SAC afirmou que a empresa possuía programa de descarte.

Todavia, dentre as 7 empresas em que a informação constava no site e o SAC afirmou que a empresa não possuía programa de descarte, 4 atendentes indicaram pontos de coleta

no município (fabricantes F1, F24, F26 e F27). Pode-se depreender que os atendentes não entendem essas estratégias como um programa institucional da empresa. Os SACs dos fabricantes F3, F18 e F35, afirmaram que a empresa não possuía nenhum procedimento para o descarte de produtos pós-consumo.

Os SACs dos fabricantes F7 e F23 indicaram pontos de descarte no município, apesar de não constar informação sobre programa de descarte no site e no SAC. Indicaram algum tipo de procedimento para o descarte de produtos pós-consumo pelo *site* ou SAC, 64% das empresas pesquisadas.

Nos *sites* institucionais, além de informações sobre responsabilidade ambiental, as principais orientações ao consumidor, sobre como proceder em relação ao descarte de produto, foram as seguintes:

- **Buscar informações pelo SAC ou enviar e-mail:** As empresas F1, F3, F18, F20, orientam o consumidor a buscar maiores informações entrando em contato pelo SAC ou enviando e-mail. Todas as empresas, além de informações sobre pontos de entrega do produto, instruem o consumidor a entrar em contato por esses canais para maiores informações.
- **Postagem por correio:** As empresas F26, F33 e F17 adotam como procedimento o envio dos produtos por correio. A postagem é paga pela empresa.
- **Coleta na residência:** As empresas F12, F17, F21, F32 e F39 coletam produtos nas residências mediante cadastro do cliente no *site*. No caso das empresas F17, F21 e F32, F39 é restrita a cartuchos e tonners de impressora. Os fabricantes F17, F21 e F39 condicionam a coleta a um limite mínimo.
- **Pontos de coleta:** As empresas F10, F13, F17, F18, F22, F24, F27, F29, F33, F35 disponibilizam pontos de coleta para seus produtos pós-consumo. No entanto, são restritos a determinados municípios. As empresas F10, F13, F22, F24, F29, F32, F33, F35 divulgam a lista dos pontos de coleta no *site*.
- **Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de varejistas:** a empresa F26 orienta a destinar seus produtos usados em PEV de rede do varejo que possui programa em parceria com a marca. Disponibiliza busca no site dos pontos de coleta nos municípios.
- **Doação:** A empresa oferece a opção de doação de computadores antigos a entidades beneficentes.

Nos SACs, as principais orientações sobre como proceder em relação ao descarte de produto, foram as seguintes:

- **Assistência Técnica Autorizada:** As empresas F1, F7, F23, F24, F27, F30, F31, F34 e F38 orientaram a encaminhar o produto para a assistência técnica autorizada da marca no município.
- **Pontos de coleta de programas do setor privado:** o fabricante F27 indicou pontos de coleta de bancos, supermercados, etc.
- **Pontos de entrega da Prefeitura do município:** o fabricante F8 orientou a buscar informação na prefeitura do município sobre ponto de descarte.
- **Pontos de descarte da marca em outros municípios:** os fabricantes F13, F22, F29 orientaram a encaminhar o produto até pontos de descarte da marca em um município mais próximo, como São Paulo, Ribeirão Preto, São Carlos, Campinas.
- **Consultar site institucional:** O fabricante F17 disponibiliza no SAC a opção “reciclagem de produtos”. A gravação eletrônica indica para consultar o *site* para obter informações.

Alguns fabricantes adotam mais de uma estratégia para promover o descarte de seus produtos.

Os fabricantes utilizam as assistências técnicas autorizadas como postos de coleta para o descarte de seus produtos, visto que, como levantado em pesquisa realizada com estes estabelecimentos, os fabricantes já possuem o procedimento de retirar produtos e peças com defeito provenientes dos canais pós-venda.

Algumas marcas solicitam o preenchimento de um “Termo de Doação”, onde o consumidor cede seus direitos sobre o bem para a empresa.

O transporte até os pontos de coleta é de responsabilidade do cliente. Isso pode ser um ponto negativo para motivar o consumidor a assumir um comportamento adequado de disposição de REEE, principalmente para grandes eletrodomésticos como geladeiras, *freezers* ou máquinas de lavar roupa.

Desmotivações maiores causam os fabricantes que recomendam que o consumidor entregue seu produto em pontos de coleta localizados em outros municípios do Estado. Por exemplo, é difícil para um consumidor que reside em Piracicaba levar sua máquina de lavar

até Ribeirão Preto ou Capivari, tal como foi orientado pela atendente do SAC do fabricante F13; ou encaminhar para Campinas, São Carlos orientação do fabricante F22; ou levar um televisor até São Paulo, como orientado pelo fabricante F29.

As marcas F1, F7, F23, F24, F26, F27, F30, F31, F33, F34 e F38 indicaram pontos de coleta de seus produtos pós-consumo no município, ou seja, 28% das empresas pesquisadas.

Para se obter mais informações sobre as ações desenvolvidas pelos fabricantes foi realizada entrevista com as assistências técnicas indicadas.

As assistências técnicas autorizadas indicadas pelos fabricantes F23 e F34 afirmaram não receber produtos de descarte das marcas citadas. Alegaram que não receberam nenhuma informação dos fabricantes, e não possuem infraestrutura e funcionários suficientes para disponibilizar tal serviço ao consumidor.

No caso da marca F23, o atendente do SAC mencionou que a empresa tem programa de responsabilidade ambiental e, no caso de descarte de produtos velhos, o produto poderia ser coletado na residência do consumidor mediante negociação dos custos de transporte com a assistência técnica. Mas, a responsabilidade pela destinação final do produto seria da assistência técnica.

Para a marca F34, o atendente do SAC afirmou que a empresa tem programa de logística reversa e que o produto poderia ser encaminhado para a assistência técnica autorizada. Citou-se que o produto retornaria ao fabricante e este faria a reciclagem dos equipamentos descartados.

A marca F7 indicou 2 assistências técnicas como ponto de descarte. Ambas mencionaram que o fabricante responsabiliza-se apenas por coletar peças e produtos defeituosos dentro da garantia. Fora da garantia, peças e produtos sem conserto são de responsabilidade da assistência técnica sendo comercializados como sucata.

As assistências técnicas das marcas F31 e F38 declararam que o fabricante orienta sobre procedimentos para o descarte de produtos pós-consumo. Mas os fabricantes se responsabilizam por coletar produtos e peças defeituosos dentro da garantia.

A assistência técnica da marca S destina equipamentos descartados, fora da garantia, para cooperativa de reciclagem.

No caso da assistência da marca F38, a principal orientação sobre descarte de equipamentos é para refrigeradores. O responsável pela assistência respondeu que o fabricante coleta equipamentos e peças dentro da garantia e em algumas vezes material sem valor de venda no mercado. Produtos descartados fora da garantia são vendidos para condicionamento ou como sucata.

As marcas F1, F24, F26, F27 e F33 apresentaram maior responsabilidade por seus produtos após o uso pelo consumidor.

No caso dessas empresas são adotados procedimentos para a coleta e destinação dos produtos. Os produtos retornam para o fabricante e este assume a responsabilidade financeira pela coleta e destinação final dos produtos descartados.

Justificam-se esses procedimentos porque as empresas F24 e F26 são fabricantes de aparelhos celulares e a empresa F27 é fabricante de pilhas e baterias, assim, estão atendendo a Resolução Conama 401, de 04/11/2008 (BRASIL, 2008).

Pode se considerar que empresas F1 e F33 ainda apresentam programas incipientes.

O SAC da marca F1 não soube informar se a empresa tinha procedimentos para o descarte de produtos pós-consumo e indicou a assistência técnica. A assistência técnica mencionou que o fabricante orienta sobre procedimentos para o descarte de produtos, mesmo fora da garantia e realiza coleta periódica de produtos descartados, destinando-os a reciclagem. Esta informação convergiu com a apresentada no *site* da empresa

A marca F33 disponibilizou na página de seu site uma lista com pontos de descartes de seus produtos nas assistências técnicas autorizadas. No entanto, a empresa desenvolveu a ação e a assistência técnica mencionou que foi parcialmente informada sobre como proceder com os produtos descartados.

Ainda assim, essas empresas estão mais adiantadas que as outras empresas pesquisadas por começarem a assumir a responsabilidade sobre seus produtos pós-consumo.

Mas, alguns fabricantes se responsabilizam pela informação, coleta e destinação dos produtos, porém não há investimento na estruturação adequada dos pontos de coleta.

Dentro do aparato atual, identifica-se que estas empresas adotaram a estratégia para o fluxo reverso dos produtos pós-consumo, mostrada na Figura 19:



Figura 19 – Estratégia de informação sobre descarte de produto pós-consumo

Observa-se pela pesquisa que a tendência atual adotada pelos fabricantes é a implantação de pontos de coleta de produtos pós-consumo nas assistências técnicas autorizadas. Só foi identificada a participação de distribuidores e comerciantes nos programas de logística reversa de empresas de telefonia celular e pilhas e baterias.

Segundo a pesquisa inicial realizada com as assistências técnicas, os fabricantes já implantaram programa de logística reversa pós-venda, assim é vantajoso utilizar esses locais como ponto de descarte de produtos. Nesses estabelecimentos, o consumidor ainda tem a opção de verificar se o produto pode ser consertado. Dessa forma, utilizar as assistências é um ponto atrativo para os fabricantes reduzirem custos com os canais reversos.

No entanto, alguns fabricantes estão transferindo a responsabilidade por seus produtos pós-consumo para as assistências técnicas. Entende-se pela PNRS, que este segmento não é responsável pelos produtos pós-consumo. Esta responsabilidade incide os segmentos com maior poder financeiro - fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes - que devem viabilizar a coleta e o retorno de seus produtos após uso.

Tornam-se incongruentes fabricantes de grandes marcas, indicarem seus parceiros em assistência técnica como receptores de produtos em fim de vida e não lhes prestar nenhum auxílio ou esclarecimento.

É essencial a implantação de estrutura adequada. Algumas assistências técnicas têm funcionários insuficientes e estrutura física limitada para armazenar produtos descartados. O potencial financeiro é menor para destinar o produto para canais mais adequados de reciclagem. Essas deficiências não estão sendo consideradas pelos fabricantes.

Na pesquisa realizada com as assistências técnicas pode-se verificar que é frequente que o destino do material coletado seja depósitos de sucata.

A pesquisa realizada nos *sites* institucionais e com os SACs, indicou que existe desconexão entre informação e ações implantadas.

A operacionalização de programas de logística reversa é realizada a partir de ações encadeadas entre todos os elos do ciclo de vida do produto. Para tanto a comunicação eficiente entre esses elos é essencial. E o SAC e site tornam-se ferramentas importantes para orientar consumidores.

Para desenvolver um programa de logística reversa que não seja apenas ações paliativas é necessário viabilizar a entrega dos produtos pelos consumidores em pontos de coleta acessíveis. Empresas que anunciam que implantaram programas de logística reversa, mas que só disponibilizam pontos em alguns municípios, não estão comprometidas de fato com a responsabilidade ambiental.

5.6. Rota do fluxo pós-consumo de EEE e estrutura para o gerenciamento de REEE no município

O fluxo pós-consumo é um fator decisivo para se planejar o gerenciamento do REEE. É necessário compreender as rotas alternativas que o produto pós-consumo pode seguir, a partir de sua disponibilização pelo possuidor do bem. O produto pode seguir uma trajetória onde se torna uma matéria-prima secundária, reintegrando-se ao ciclo produtivo, ou pode adentrar em uma rota onde se integrará ao ciclo natural e humano na forma de poluição.

Como levantado na bibliografia, após a venda para o usuário o produto irá desempenhar suas funções por determinado período de tempo. A decisão quanto ao descarte do produto pode ser ocasionada tanto por este avariar ou por considerações subjetivas do usuário como obsolescência tecnológica. Em ambos os casos o produto não apresenta mais o desempenho esperado ao adquiri-lo.

Quando esgota a finalidade original, o usuário pode optar por destinar o bem: ao conserto ou reforma, aumentando sua vida útil; a venda ou doação, o que possibilita um segundo ciclo de uso; ao armazenamento, a espera de uma futura oportunidade de uso, reparo ou troca; ou, o descarte, o que transforma o equipamento em resíduo.

Rotas como o armazenamento, a doação e venda para o mercado de bens de segunda mão, não foram exploradas no estudo, mas foram estudadas na bibliografia.

A Figura 20 apresenta as possíveis rotas do fluxo pós-consumo dos produtos eletroeletrônicos, desenhadas para o município de Piracicaba, baseando se no referencial bibliográfico e no levantamento de dados realizado com os atores entrevistados. Na Figura 21, visualizam-se as alternativas de rotas do fluxo pós-consumo de lâmpadas fluorescentes e pilhas e baterias, desenhadas para o município de Piracicaba, baseando se no referencial bibliográfico e no levantamento de dados realizado com os atores entrevistados.

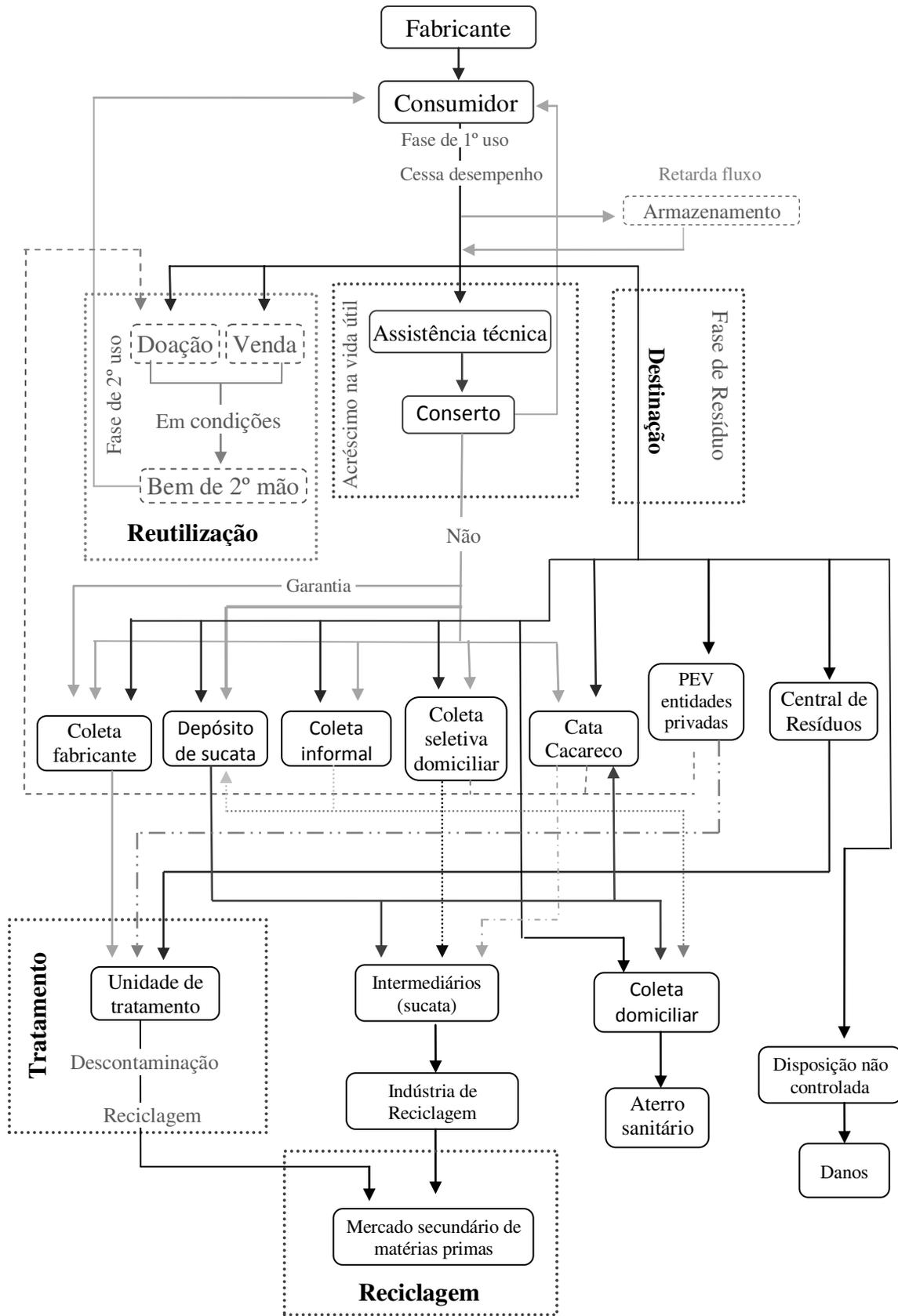


Figura 20 – Rotas do fluxo pós-consumo de eletroeletrônicos no município de Piracicaba

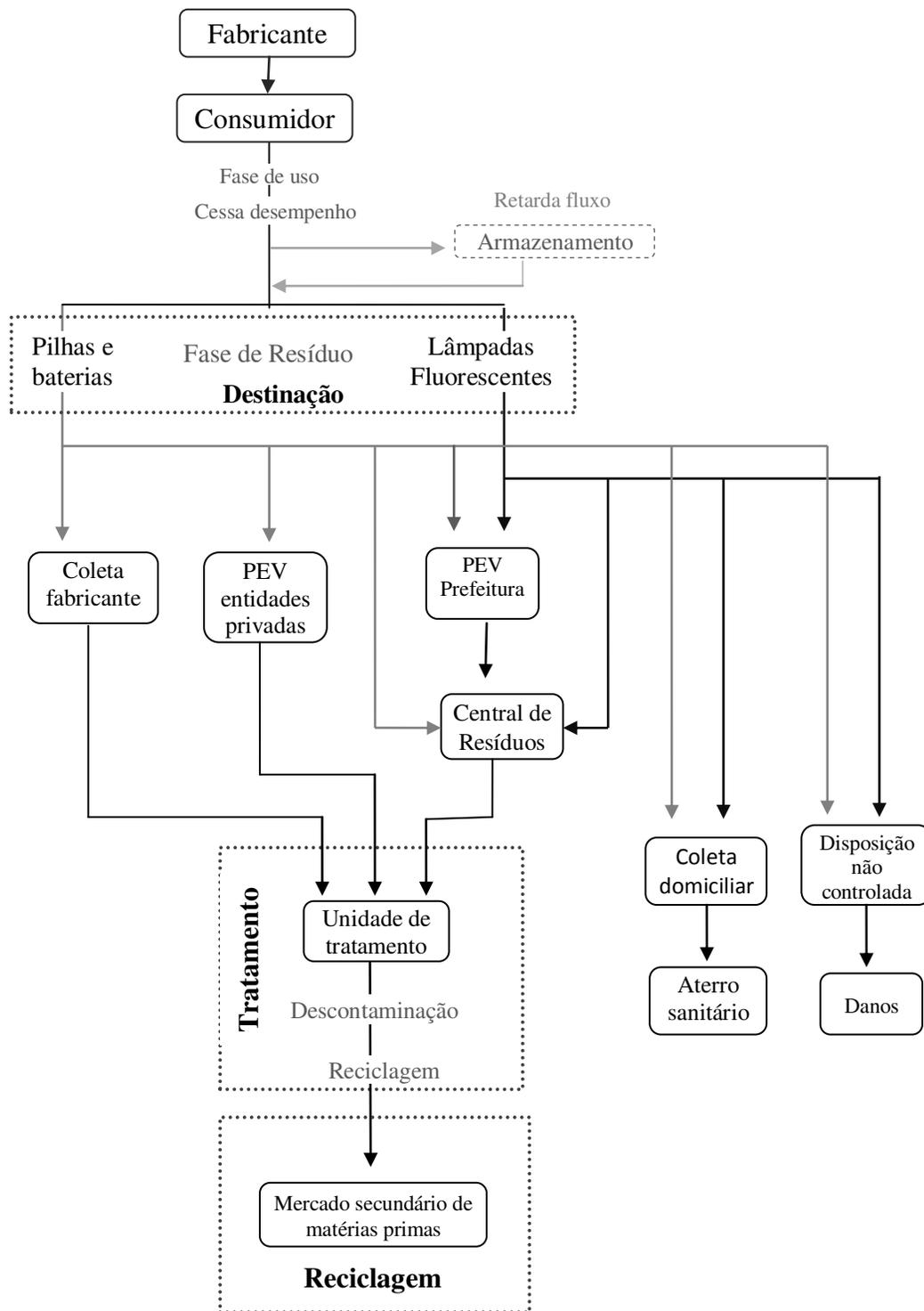


Figura 21– Rota do Fluxo de resíduos de lâmpadas fluorescentes e pilhas e baterias

Para este trabalho, a coleta de dados iniciou-se no processo em que produto pode tornar-se um bem de pós-consumo ao ser identificado falha no desempenho das funções. Nesse caso o usuário pode optar por consertá-lo ou dispô-lo como um resíduo.

Ao decidir-se pelo conserto, o usuário contata uma assistência técnica autorizada pelo fabricante ou especializada. O transporte até o local de pequenos produtos é realizado pelo cliente, no caso produtos de maior porte a assistência técnica pode efetuá-lo. Se o produto puder ser submetido a conserto ou reforma, ele retorna ao uso, com acréscimo na vida útil.

Há circunstâncias em que não é possível o reparo, ou o valor do conserto não compensa quando comparado ao valor do produto novo, e o aparelho torna-se um resíduo. Quando o produto está dentro do prazo de garantia, a assistência atua como intermediário do fabricante e assim o resíduo retorna para este agente da cadeia. Se o produto não tem mais garantia de fábrica, o mais comum é que assistências armazenem o resíduo que tem valor, para vendê-lo como sucata. No caso do produto ser enviado a assistência, e tornar-se resíduo, este agente será um intermediário entre o consumidor e alguma rota de destinação do resíduo, como se observa na Figura 20.

As alternativas de destinação, que podem ser adotadas por esses estabelecimentos, são similares as rotas disponíveis aos usuários domiciliares. Há uma variedade de rotas para a destinação do REEE no município, como visualizadas na Figura 20:

- Central de Resíduos, localizada no bairro Ondas;
- Pontos de entrega voluntária de entidades privadas;
- Programa Cata-Cacareco para grandes eletrodomésticos;
- Coleta seletiva domiciliar realizada por cooperativa de manejo de materiais recicláveis;
- Coleta informal;
- Depósito de sucata;
- Coleta realizada pelo fabricante de eletroeletrônico;
- Coleta de resíduos domiciliar;
- Disposição não controlada.

A maioria das rotas disponíveis converge para a reciclagem do material, promovendo seu retorno ao ciclo produtivo. No entanto, o que diferencia essas rotas é a ocorrência ou não do tratamento seletivo de componentes tóxicos e dos rejeitos no elo seguinte.

A cooperativa de manejo de materiais recicláveis por meio da coleta seletiva domiciliar recolhe REEE, destinando-os a reciclagem. Não foi possível identificar, no entanto se o resíduo sofre tratamento seletivo. A coleta seletiva atende a cerca de 30% da população.

Na coleta informal, os “catadores” recolhem os materiais de maior valor de revenda e destinam para os depósitos de sucata. Supõe-se que parcelas sem valor de revenda são destinadas ao resíduo domiciliar.

Quando se opta por destinar o produto a depósitos de “sucata - os ferros-velhos” ou “sucateiros” – parte do valor investido no bem (mesmo que seja uma pequena parcela) pode ser recuperada. O transporte até o local dependerá da quantidade de material a ser destinado. Nesses estabelecimentos os REEE podem ser processados manualmente; e, após são destinados para intermediários, que fazem o adensamento de carga para destinar a indústrias que promovem a reciclagem, como siderúrgicas. O rejeito pode ser destinado para a coleta domiciliar, Ecoponto ou Cata Cacareco da Prefeitura.

O Cata Cacareco e Ecoponto não é coleta especializada em REEE, então o resíduo coletado não recebe tratamento seletivo.

Dessa forma, na coleta informal e depósitos de sucata ocorre a recuperação de materiais, mas é provável que partes, com maior potencial poluidor, sigam trajetória para os sistemas de gerenciamento de resíduos da Prefeitura, inadequados para REEE. Não é, portanto destinação final ambientalmente adequada, tal como recomenda a PNRS.

As coletas seletivas disponibilizadas nos PEV de entidades do setor privado, Prefeitura de Piracicaba e fabricantes, segundo as entrevistas, têm como o elo seguinte unidades de tratamento seletivo antes da reciclagem.

Lâmpadas fluorescentes têm disponibilidade menor de opções para destinação pós-consumo. Para lâmpadas fluorescentes só há estrutura de gerenciamento adequado da Prefeitura. Para pilhas e baterias são disponibilizados diversos pontos de entrega por entidades privadas, Prefeitura ou coleta do fabricante.

Piracicaba possui no total 48 pontos de entrega voluntária para pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, aparelhos de celular e produtos eletroeletrônicos diversos (equipamentos de som e imagem, de informática, eletrodomésticos etc). Desses pontos, 13 atendem marcas específicas.

A Tabela 22 relaciona a quantidade de pontos de coleta em Piracicaba, por região e para cada tipo de produto. A quantidade a mais de pontos na tabela é devido a alguns locais receberem mais de um tipo de produto, como por exemplo, a Central de Resíduos.

Tabela 22 – Quantidade de PEV por produto e por região

Produto	Quantidades de PEV por região					Total por produto
	Centro	Norte	Sul	Leste	Oeste	
Pilha e bateria	19	6	1	5	3	34
Lâmpada fluorescente	1	1	0	1	1	4
Aparelho celular	9	5	1	0	1	16
EEE duráveis	3	0	0	0	1	4

Os pontos de entrega de pilha e bateria, lâmpada fluorescente, aparelho celular, e equipamentos eletroeletrônicos, disponíveis no município podem ser visualizados na Figura 22.

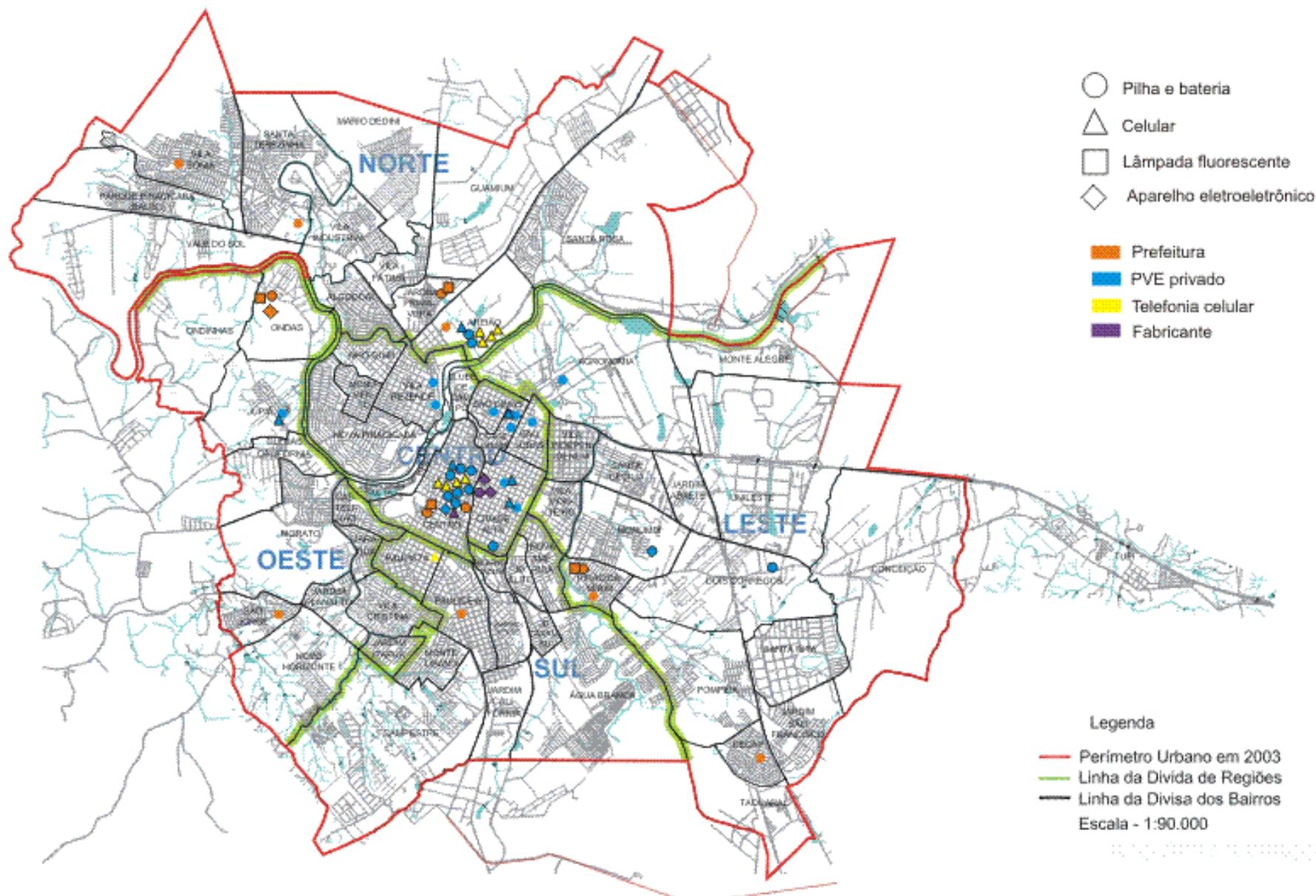


Figura 22- Pontos de coleta em Piracicaba.
Elaborado pelo autor com base em IPPLAP (2005).

O posicionamento dos PEVs no mapa não é exato, pois devido às proporções do mapa eles foram representados de forma aproximada da localização real nos bairros.

Esses locais não são distribuídos uniformemente no município. É possível observar que os pontos de entrega voluntária se concentram na região central ou próxima a ela. A região do Centro possui as melhores condições de infraestrutura urbana e as principais lojas de grandes redes do comércio e instituições bancárias. Obviamente que devido a essas características, mesmo na região do centro os pontos se concentram nas principais aglomerações do comércio, próximo a Rua Governador Pedro de Toledo e no principal Shopping Center do município, na região Norte.

A coleta de pilhas e baterias foi incrementada pela Prefeitura com alguns pontos, em locais da periferia não atendidos pelo setor privado. O gerenciamento de lâmpadas fluorescentes é realizado apenas pelo setor público, em 4 pontos em diferentes regiões. No caso da Central de Resíduos o local é afastado e o acesso é por estrada de terra.

A estrutura implantada no município é disponível a toda população, porém, centralizados, há poucos locais em partes consideráveis da Região Norte, Oeste, Sul e Leste. Com a limitação da infraestrutura, a coleta pode não ser acessível a todos.

Desse modo, as formas de destinação para os REEE mais acessíveis para a população são a coleta seletiva domiciliar (também restrita a parcela da população), o Cata Cacreco (sujeito a agendamento). Existe ainda, a opção da vantagem econômica em destinar para depósitos de sucata. A coleta informal também pode ser vista pelo cidadão como possibilidade de repassar o produto para que os catadores possam obter alguma utilidade. E ainda há o sistema que é mais conhecido pela população, a coleta de resíduo domiciliar.

Nessas categorias de coleta, o consumidor não precisa investir tempo ou esforço para transportar o resíduo. Pois a necessidade de transporte até os locais restringe possibilidades, visto que nem todos têm acesso ao carro. Segundo a revisão do Plano Diretor de Piracicaba (PIRACICABA, 2003), a excessiva extensão do perímetro urbano gerou moradias populares distantes, solicitando linhas de ônibus longas, o que aumentou o custo do transporte coletivo. Assim, para alguns moradores, constataram-se em levantamentos para o Plano Diretor de Mobilidade Urbana, que o custo da tarifa é incompatível com sua realidade socioeconômica, comprometendo diretamente o acesso as oportunidades aos equipamentos e serviços das áreas centrais e produtivas da cidade.

O consumidor que decida descartar de forma correta seu produto eletroeletrônico, principalmente os grandes eletrodomésticos, terá que investir tempo, esforço e, mesmo dinheiro para realizar este descarte.

Tempo e esforço, primeiramente em buscar a informação sobre o ponto de coleta e de levar o produto até o local. Tal como foram analisados, os serviços de informação ao consumidor e sites institucionais de fabricantes não orientam de forma eficiente, sobre o descarte do produto após o consumo. Se o consumidor conhecer as rotas específicas da Prefeitura poderá optar por esta alternativa. Porém, dependendo da região em que residir o investimento financeiro será maior, pois o transporte, em todos os sistemas adequados, seja privado ou público, é responsabilidade do consumidor. Estas situações podem se tornar uma forte barreira que desencoraja o consumidor a assumir um comportamento adequado de destinação de REEE.

Segundo Darby e Obara (2005), pesquisas realizadas com a população na Inglaterra indicaram que barreiras significantes para a participação em programas para promover a reciclagem incluíam dificuldades de separação e transporte a um local de coleta. A distância da residência até o local mais próximo limita as pessoas, principalmente quando não se tem acesso a carro.

O fato é que, apesar de existirem alguns pontos, a estrutura é limitada. Deste modo, uma opção que também está sendo utilizada pela população, ainda é a disposição não controlada, descartando equipamentos fora de uso nos mais diversos locais.

O REEE pode ser descartado nos locais onde geralmente se dispõe o resíduo domiciliar: não triado (Figura 23); junto a outros materiais recicláveis (Figura 24); no suporte de lixo (Figura 25); nas calçadas (Figura 27). Pode ser descartado em praça pública (Figura 26). Junto ao resíduo de construção civil em caçambas de entulho (Figura 27); no Ecoponto (Figura 28). Lâmpadas fluorescentes também são descartadas em caçamba de entulho, em estrada na área rural (Figura 29). REEE em terrenos baldios, margens de estradas (Figura 30). Nesse descarte os monitores CRT, por exemplo, podem ser rompidos (Figura 31), potencializando a liberação de substâncias tóxicas.



Figura 23- REEE com o resíduo domiciliar
Fonte: arquivo pessoal, 2010



Figura 24 - REEE com material reciclável
Fonte: arquivo pessoal, 2012



Figura 25 - REEE no suporte de lixo
Fonte: arquivo pessoal, 2011



Figura 26 - REEE na calçada
Fonte: arquivo pessoal, 2011



Figura 27 - REEE em praça
Fonte: arquivo pessoal, 2011



Figura 28 - REEE em caçamba de entulho
Fonte: arquivo pessoal, 2011



Figura 29 - REEE em Ecoponto
Fonte: arquivo pessoal, 2011



(a)

(b)

(c)

Figura 30 – Lâmpada fluorescente descartados em caçamba e margem de estrada rural

Fonte: arquivo pessoal, (a) 2010, (b) 2012, (c) 2010.



(a)

(b)

(c)

Figura 31 - REEE descartados em terrenos baldios, margem de rodovia, mata

Fonte: arquivo pessoal, (a) e (b) 2011, (c) 2010.



(a)

(b)

Figura 32 - Monitor de CRT quebrado

Fonte: arquivo pessoal, (a) 2010, (b) 2011.

Esses resíduos também podem ser descartados em locais clandestinos nos bairros onde são despejados e se acumulam lixos, vindo a somar-se aos problemas de saúde pública decorrentes desses pequenos “lixões”, que são originados tanto de falhas de gerenciamento de resíduos, quanto do desenvolvimento educacional da população em relação ao seu ambiente. Esses “bota-foras” são utilizados como alternativa para descarte de móveis velhos, resíduos de construção civil, podas entre outros e, atualmente, nota-se a presença de REEE. Nesses locais os entulhos podem acumular água de chuva e tornar-se foco de doenças e, mais especificamente no caso de REEE, potencializa a migração de substâncias tóxicas para o ambiente.

5.7. Estimativa da geração de REEE para Piracicaba-SP

Aplicando-se o Método de Consumo e Uso estimou-se a geração anual e geração per capita de REEEs nos domicílios do município de Piracicaba, para o período de 2010 a 2030. O potencial de geração anual de REEE em toneladas e o total gerado no período estão relacionados na Tabela 23.

Tabela 23 – Geração anual de REEE em Piracicaba segundo Método de Consumo e Uso

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total (t)
Total de REEE (t)	1.668	1.726	1.777	1.831	1.886	1.942	2.000	2.060	2.122	2.186	2.251	2.319	2.389	2.460	2.534	2.610	2.688	2.769	2.852	2.938	3.026	48.034

O incremento anual da geração de REEEs é proporcional ao crescimento projetado da população, visto que a geração foi estimada baseando-se na taxa média de crescimento populacional de 1,03% a.a estimada no Censo 2010 (IBGE, 2010c).

No ano base, 2010, a estimativa aponta que foram geradas 1.668 t de REEE no município. Para, 2012 estima-se que sejam geradas 1.777 t de resíduos. No período total há potencial de geração de 48 mil toneladas de REEE.

Em 2010 a geração per capita de REEE para Piracicaba foi estimada em 4,58 kg/habitante. Nos demais anos a geração per capita se estabilizaria em torno de 4,60 kg/habitante, devido os dados utilizados na projeção serem constantes. A média de geração per capita para o período de 20 anos foi estimada em 4,59 kg/hab/ano.

Geladeira é o equipamento que mais contribui com a geração per capita no período, estimando-se média anual de 1,46 kg/habitante. Em seguida, vem a televisão com potencial de geração de 0,90 kg/habitante. Estimam-se o potencial de geração de 761 toneladas ao ano de resíduos provenientes de geladeiras e 469 toneladas ao ano de resíduo de televisores fora de uso.

No caso de geladeiras, o número de um aparelho por domicílio pode estar próximo da realidade, mas para televisores, esse dado provavelmente se encontra subestimado, pois pode haver mais de um aparelho na residência.

A geração estimada no período 2010-2030 em toneladas, por tipo de equipamento eletroeletrônico, a média de geração anual e a média de geração per capita, estão descritas na Tabela 24:

Tabela 24– Geração total de REEE no período por tipo de bem durável

Equipamento	Total (t) 2010-2030	Média de geração (t/a.a)	Média per capita (kg/a.a)
Geladeira	15.228,89	761,44	1,46
Televisão	9.375,50	468,78	0,90
Microcomputador	8.301,86	415,09	0,79
Máquina de Lavar Roupa	6.354,13	317,71	0,61
Rádio	6.218,89	310,94	0,59
Freezer	1.870,50	93,52	0,18
DVD	636,24	31,81	0,06
Celular	48,74	2,44	0,00*
Total	48.034,75	2.401,73	4,59

*Quantidade inferior a unidade utilizada

O cálculo realizado para as 5 regiões de Piracicaba teve como base a taxa de penetração de bens duráveis de 2009 e dados de população e domicílios por bairro em 2000. Apesar dos dados não estarem atualizados, a estimativa é um dado útil para se visualizar as diferenças regionais de geração de REEE.

Não foi possível calcular os dados de acordo a realidade socioeconômica de cada região devido a falta de dados disponíveis. Conforme o relatório do Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba (PIRACICABA, 2003), bairros das regiões Oeste, Sul e Norte são os que concentram a pobreza, a precariedade habitacional e a presença de imóveis subnormais. Por consequência, os dados de geração deveriam seguir a tendência de serem menores nessas regiões.

As disparidades entre as regiões se manifestaram no resultado da estimativa, devido as características populacionais e números de domicílios. A região Norte, por exemplo, é a mais populosa do município, possui 22% dos habitantes, no entanto conta com 19% dos domicílios, ou seja, é uma região com taxa maior de habitantes por domicílio; a região do Centro possui 25% dos domicílios e 21% da população; a região Sul conta com 22% dos domicílios e 21% da população; a região Leste possui 19% dos domicílios para 19% da população; e, a região Oeste conta com 15% dos domicílios e 17% da população.

As Figuras 33 e 34, apresentam os dados de geração de REEE para a 5 regiões do município.

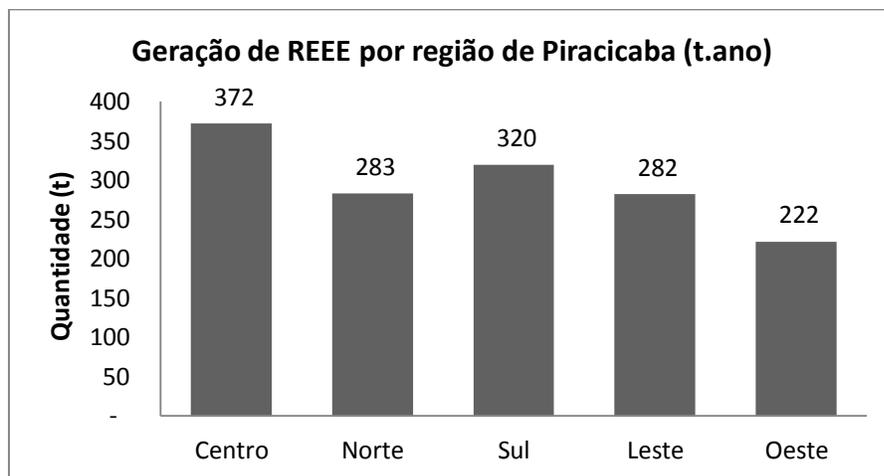


Figura 33 - Geração de REEE por região de Piracicaba

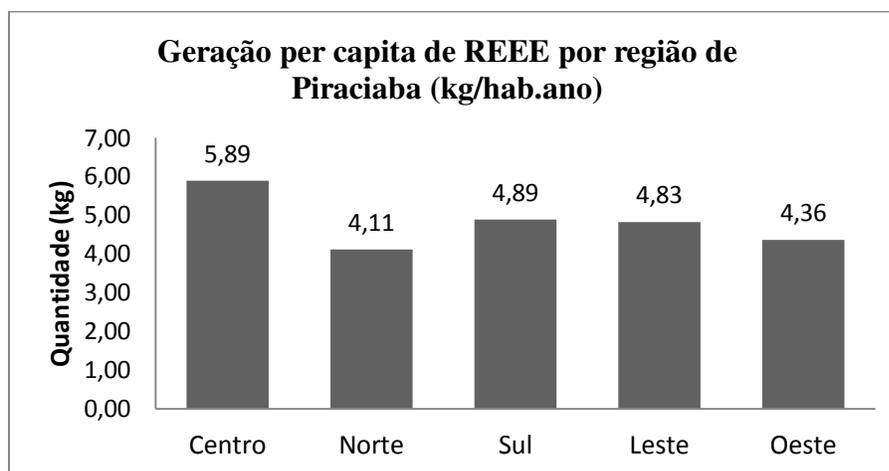


Figura 34 - Geração de REEE per capita por região de Piracicaba

No estudo realizado pelo EMPA (Rocha et al, 2009) estimou-se geração per capita de 3,4 kg/habitante/ano para o Brasil, 3,3 kg/habitante para Minas Gerais e 3,7 kg/habitante para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, para o período de 2001 a 2030. Araújo et al (2012) estimou geração per capita para o Brasil de 3,8 kg/hab/ano.

Os dados se aproximam da geração estimada para Piracicaba, a diferença é decorrente dos contornos de cenários empregados pelos autores. No caso do estudo do EMPA foi realizada divisão da porcentagem do número de computadores de mesa e notebooks (que pesam até 25 kg a menos), e não foi incluso o aparelho DVD. Araújo et al (2012) utilizou o Método de Consumo e Uso para produtos de maior tempo de vida útil (Geladeira, Televisão, Freezer, Rádio, Máquina de Lavar Roupas) e o Método Time-Step para celular e computador, que considera as vendas no período.

Devido as limitações impostas pelas estimativas, os valores devem ser tomados como indicativos de potencial de geração.

O que se depreende, principalmente, é que a geração per capita de REEE tem potencial de ser crescente e ser parte significativa da fração de resíduos sólidos urbanos domiciliares. Dessa forma, obtendo-se dados para se visualizar, mesmo que virtualmente, a dimensão da potencial geração de REEE, é útil para auxiliar na avaliação de estratégias para o destino dos REEE pós-consumo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Mudanças quanto a constituição dos resíduos sólidos urbanos são inevitáveis, devido as características de produção e consumo da sociedade atual. O resíduo predominantemente orgânico, no passado, passou a apresentar uma complexidade crescente e os problemas ambientais decorrentes não se solucionam mais com estratégias de “fim de tubo”.

Aterro sanitário deixou de ser a solução primordial no gerenciamento de resíduos para ser coadjuvante dentro de um sistema que considera o todo do Ciclo de Vida dos produtos. E, assim necessita-se de diversas estratégias que se complementem e convirjam para o retorno do material ao ciclo produtivo.

O desenvolvimento da indústria elétrica e eletrônica, com a aplicação das descobertas da ciência para a produção de bens, transformou significativamente a moderna vida material. O ritmo frenético dessa indústria de construção, desconstrução, reconstrução e obsolescência foram incorporados ao cerne desse setor da economia que subsiste do lançamento constante de tecnologias, até chegar ao ápice em que o produto em si já não compreende o valor e, sim a novidade se tornou principal recurso de venda.

De bens de luxo em década passadas, os produtos elétricos e eletrônicos paulatinamente foram alçados a bens de necessidade, produzidos em grande quantidade e variedade, difundidos pela ideia dominante de quanto mais tecnologia em praticamente todos os momentos da vida cotidiana, desde simples atividades domésticas, ao trabalho e lazer, melhor seria a condição da nossa existência.

O consumidor desses produtos foi moldado na crença de que o novo é sempre melhor, e os produtos também tiveram sua durabilidade reduzida, seja de forma técnica ou subjetiva. Assim os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos são produtos que deixaram de apresentar qualquer valor para seus proprietários, independente de suas condições de funcionamento. O resíduo, subproduto do modelo de produção e consumo, mal foi considerado diante do deslumbramento tecnológico, porém nos últimos anos tornou-se consequência visível do atual modelo de afluência de bens materiais e, presente também, no dia a dia.

Nos países industrializados a geração de resíduos urbanos aumentou em decorrência do crescimento econômico. Por outro lado, o consumo massivo de bens foi estimulado como uma conquista de direito soberano do indivíduo, e a aquisição de bens, um indicador do aumento da felicidade humana.

Os REEE surgem, nesse contexto, como um resíduo de alta complexidade, desde suas características constitutivas, até os fatores que levam sua geração. E a tecnologia que tudo abrange, não exige, no entanto a compreensão da criação dos produtos pelo usuário final, distanciando-o também da compreensão do ciclo de vida do produto e suas implicações para a natureza e sociedade.

Com o ciclo de vida do produto fragmentado, cada agente desempenha apenas as funções que lhes maximiza vantagens, e o resíduo é afastado como uma anomalia sem marca e proprietário.

E, apesar dos maciços investimentos em pesquisa e desenvolvimento de produtos para manter o dinamismo da inovação tecnológica, a fabricação dos aparelhos tecnológicos está estritamente relacionada ao uso intensivo de recursos naturais e a utilização de uma ampla gama de materiais e substâncias que lhes conferem periculosidade. Constatase que esses resíduos podem tornar-se uma séria ameaça a saúde humana e ao ambiente, sobretudo para os mais pobres. Estes são triplamente atingidos pela poluição causada pela indústria elétrica e eletrônica: na extração, na produção e no descarte.

A visão fragmentada da produção e consumo supervalorizou essas fases e distanciou a etapa de descarte do produto, tornando essa fase pública. Assim, o direito inviolável a propriedade dos bens, seja no âmbito da produção, comercialização e consumação, torna-se comodamente alienável a coletividade no momento em que o bem não conserva mais suas qualidades econômicas iniciais.

No Brasil, as empresas vêm comumente transferindo a responsabilidade da destinação dos resíduos pós-consumo à municipalidade, onerando toda a população que paga pelo serviço de saneamento por meio de taxas e impostos. As empresas internalizam os lucros e externalizam para a sociedade o impacto ambiental negativo, não contribuindo com soluções e financiamento para o problema crescente do resíduo. Ao atribuir-se responsabilidades aos produtores aproxima-os das consequências de sua produção.

A sociedade precisa incorporar novos conceitos para lidar com as questões referentes aos impactos da produção e consumo dos produtos, e adquirir uma compreensão maior de que a poluição e o excesso de lixo não podem ser tomados como uma externalidade negativa inevitável, o preço que a coletividade tem de pagar pela disponibilização e obtenção dos bens de consumo pelos indivíduos e empresas privadas.

Nos últimos anos houve a incorporação de novos princípios nas legislações quanto à gestão adequada do ciclo de vida dos produtos para melhorar o desempenho ambiental de todos os agentes envolvidos, sejam produtores, poder público ou consumidores. A Política Nacional de Resíduos Sólidos é clara ao conferir a responsabilidade pelo gerenciamento do REEE pós-consumo ao setor privado, e aos outros confere agentes responsabilidades quanto a participação nesse sistema

Todavia, constatou-se neste trabalho que o ônus do gerenciamento de REEE, mesmo com o ordenamento legislativo, ainda está recaindo sobre o poder público. A Prefeitura Municipal de Piracicaba instalou uma estrutura para compensar as falhas do setor privado e os gastos são absorvidos pelas contas públicas. No entanto, não expande a coleta porque não é obrigação do município. Devido a questões burocráticas envolvendo licitações, essa estrutura de gerenciamento apresenta perspectivas frágeis quanto a sua continuidade.

O município de Piracicaba atualmente possui uma estrutura de coleta, onde os consumidores podem dispor os resíduos de produtos eletroeletrônicos e seus componentes: pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, aparelhos celulares e produtos eletroeletrônicos duráveis.

Para resíduos de lâmpadas fluorescentes só existem pontos de coleta gerenciados pelo poder público. Pilhas e baterias possuem pontos de coleta também disponibilizados pelo setor privado, devido principalmente ao ordenamento legislativo, que regula sobre o gerenciamento pós-consumo desde 1999.

No âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos o município pode desempenhar funções no sistema de logística reversa, mas deve ser devidamente remunerada pelo setor privado responsável. O papel principal do poder municipal é ser articulador entre os agentes econômicos e sociais, podendo ter participação ativa na disseminação de informação e educação ambiental.

Os fabricantes colocam a disposição da população sistemas de gerenciamento que ainda aparentam ser incipientes. Para aparelhos celulares, pilhas e baterias há um sistema organizado. Dessa forma, a Prefeitura poderia sistematizar a estrutura existente do setor privado e indicar para a população esta alternativa como primeira opção de destinação e somente quando não fosse possível esta alternativa a Prefeitura receberia os produtos pós-consumo. Isso poderia ser feito em concomitância a cobranças mais intensivas para que o setor privado assuma o gerenciamento de REEE, incluindo lâmpadas fluorescentes. Se a Prefeitura tomou para si os gastos com o gerenciamento de REEE ela precisa buscar formas de compartilhar suas soluções com o setor privado, afinal a gestão de resíduos preconizada pela PNRS tem caráter integrado e compartilhado.

Atualmente, no Município as ações disponibilizadas pelo setor privado e poder público são fragmentadas. A infraestrutura ainda é bastante limitada e os pontos de coleta não são distribuídos uniformemente entre as regiões do município, não sendo completamente acessível para todos.

Determinar as rotas pelas quais os produtos pós-consumo fluem é essencial para o gerenciamento, pois a quantidade descartada tende a crescer. Segundo as estimativas pode atingir quantidade per capita de 4,59 kg/hab.ano, essa produção de REEE tem potencial de ser crescente e representar significativa fração dentro da geração atual de resíduos sólidos urbanos domiciliares.

Atualmente no Município o consumidor que decida descartar de forma correta seu produto eletroeletrônico, terá que investir tempo, esforço e, mesmo dinheiro para realizar este descarte. E dessa forma, a disposição ambientalmente inadequada ainda é empregada.

Mencionando pesquisa de Darby e Obara (2005), estes expõem que a população não quer informações sobre por que elas precisam dispor corretamente os resíduos, mas, estão mais interessadas em obter a informação de como elas podem descartar o produto de forma correta. Dessa forma, as estratégias devem considerar os melhores modos de possibilitar ao cidadão dispor os resíduos de forma ambientalmente adequada. Dentre vários fatores motivacionais relacionados com a sensibilização ecológica do indivíduo, a estrutura acessível é um incentivo a atitudes responsáveis e influenciará a tomada de decisão na etapa pós-consumo.

Os serviços de informação ao consumidor e sites institucionais de fabricantes não orientam de forma eficiente, sobre o descarte do produto após o consumo. Tal como exposto na PNRS como princípio e instrumento, mecanismos que garantam o acesso a informação e a educação ambiental devem permear o sistema de gerenciamento de REEE para inserir o cidadão de forma mais consistente na gestão dos resíduos. A população deve contribuir ativamente para que o sistema de logística reversa tenha sucesso.

Os fabricantes de eletroeletrônicos apresentam ainda sérias discrepâncias entre propaganda em seus veículos de comunicação institucional e as atitudes adotadas em relação ao descarte de produtos pós-consumo. Isto indica que há diferença clara entre a imagem que pretendem transmitir e o que está acontecendo de fato. Na realidade não estão se adequando a Lei, mas adequando-a aos interesses das empresas. O investimento em logística reversa é necessário, mas percebe-se que a maior parte das empresas está sendo reativa, seguindo ainda ao velho ritmo “controle e punição”.

Devido as diferenças de poder econômico, tornam-se incongruentes fabricantes de grandes marcas, indicarem seus parceiros em assistência técnica como receptores de produtos em fim de vida e não lhes prestar nenhum auxílio financeiro ou esclarecimento.

Necessário é o desenvolvimento de respostas inovadoras. Uma indústria baseada na inovação constante não pode obter soluções para a questão do retorno dos seus produtos?

A falta de planejamento estratégico conduz a respostas reacionárias dos fabricantes, muitas vezes inadequadas. Perde-se a confiança do consumidor e projeta uma imagem negativa da empresa. Oferecer um bom serviço do início ao fim, talvez se torne um imperativo de competitividade, que pode determinar além do retorno do produto ao fabricante, a constância do consumidor na marca.

Com a pesquisa é possível vislumbrar um cenário que precisa unir diferentes sistemas de gerenciamento de forma integrada, que pode ser compartilhada entre setor público e privado, mas dentro dos requisitos legais, para atender as necessidades de cada local e ser inclusivo em extensão e distribuição no espaço. A expansão de pontos de coleta para entrega voluntária é necessária para atender diferentes regiões e bairros. E para incentivar a destinação adequada de REEE, um modo de coleta acessível para aqueles que não têm acesso a um veículo precisa ser estudada.

A estrutura do sistema deve ser projetada de tal forma que seja funcional e garanta o acesso universal e facilitado a todos os consumidores, satisfazendo assim as variáveis de motivação, capacidade e oportunidade. Desta forma o cidadão terá reais condições de cumprir suas atribuições no âmbito da responsabilidade compartilhada de destinar os REEE de forma ambientalmente adequada.

Mas, se em um município com as proporções de Piracicaba é possível perceber disparidades quanto a abrangência geográfica dos pontos de coleta, essas diferenças poderão também se reproduzir no âmbito estadual e mesmo federal. Lança o questionamento de como atender uma área tão grande e diversa como o Brasil.

Principalmente, porque no caso do Brasil, na contramão do seu tempo, o país ainda busca solucionar a questão da disposição final de resíduos, quando as discussões seguem na direção de políticas públicas que tem como base a redução da geração de resíduos dispostos em aterros ou incineradores, priorizando a gestão do ciclo integrado com recuperação de materiais para o ciclo produtivo.

Este atraso poderia ser tomado como vantagem para o Brasil modernizar o setor de saneamento de resíduos de forma a alinhá-lo com a sustentabilidade, ou seja, fazer o que realmente é novo ao invés de se basear no que era moderno no século XX, e já se mostra uma estrutura decadente. Porém, o modelo coletar-aterrar ainda é predominante. Mais preocupante, são as estatísticas que apontam que em determinados locais do Brasil, a alternativa de disposição de resíduos ainda são lixões rudimentares.

Assim, como lidar com essa nova demanda tão complexa, em um país de disparidades tão acentuadas? O país vivencia problemas do século XXI, que se acumulam a problemas do passado. As falhas na administração do setor de saneamento vivenciadas pela maioria dos municípios entravam também a busca de soluções eficientes. Para que haja a efetivação da Política Nacional de Resíduos Sólidos sanar essas desigualdades e atraso, é fundamental.

As estratégias precisam considerar simultaneamente deliberações políticas, econômicas, ética, social e legal. E, principalmente o envolvimento da sociedade como um todo.

Esta pesquisa, de caráter exploratório, objetivou explorar o fenômeno da geração de REEE e descrever suas características no município de Piracicaba. Devido as limitações do método não é possível realizar generalizações, mas foi possível levantar diversas características

em relação ao fluxo dos resíduos eletroeletrônicos que podem auxiliar aos tomadores de decisão a planejar o gerenciamento destes resíduos. No caso da pesquisa realizada com os fabricantes pode-se perceber que as responsabilidades ainda precisam ser transformadas em ações mais concretas e inclusivas.

A elaboração do diagnóstico da situação torna-se base para a inclusão de estratégias para os REEE no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos dos municípios, instrumento importante para a gestão dos resíduos.

Os resultados podem tornar-se base para estudos posteriores que se aprofundem dentro de um determinado aspecto do tema estudado. É preciso desenvolver metodologias para diagnosticar as características dos REEE gerados pela população nos municípios e buscar estimar geração de REEE por métodos diferentes. Ainda é importante que as rotas do fluxo dos produtos pós-consumo levantadas na pesquisa possam ser pesquisadas estudando-se os procedimentos adotados em todas as etapas até chegar a disposição final e mercado secundário de matérias-primas, a fim de verificar se os processos estão sendo desenvolvidos de forma ambientalmente segura em todas as etapas da logística reversa. O Brasil carece ainda de pesquisas sobre estruturação de sistemas de logística reversa para esse tipo de resíduo. Desenvolver pesquisa sobre o planejamento de sistemas de logística reversa de REEE sob o imperativo da motivação da população pode criar alternativas para aumentar o comprometimento da população com o gerenciamento adequado dos resíduos. Avalia-se, que os REEE suscitam um vasto campo de pesquisa a ser explorado no Brasil.

Piracicaba, conta hoje com estrutura que pode ser o começo de um sistema mais abrangente. Para tanto, todos os responsáveis precisam se manifestar para que as soluções sejam mais amplas e difundidas levando a concretização de políticas que equacionem o gerenciamento adequado dos equipamentos elétricos e eletrônicos pós-consumo no Município.

Promovendo-se a pesquisa no tema, é possível planejar de forma otimizada a estrutura de gerenciamento. Este diagnóstico pode contribuir para atualização do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos em relação aos REEE.

É, principalmente, por meio do exercício da cidadania e com a cooperação entre todos os agentes sociais que ações eficazes poderão ser orquestradas dentro do ciclo de vida dos produtos elétricos e eletrônicos. O papel do conhecimento e da plena informação é primordial para garantir sistemas mais sustentáveis.

7. Referências

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **O setor elétrico e eletrônico em 2020: Uma estratégia de desenvolvimento**. LCA, 2009. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/>>. Acesso em: 6 ago. 2009.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004:2004. 71 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040:2001. 10 p.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_2010.php>. Acesso em: 13 nov. 2011.

ACHILLAS, C. H (et al). **Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical and Electronic Equipment**. Waste Management, vol. 30 (2010) p. 2592–2600

ANDRADE, R. **Caracterização e classificação de placas de circuito impresso de computadores como resíduos sólidos**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Campinas, 2002.

ANTUNES, P. de B. **Direito Ambiental**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Lumen Júris, 2008.

ARAÚJO, M. C. P. B. De. **Reciclagem de fios e cabos elétricos**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Programa de Mestrado em Engenharia. São Paulo, 2006.

ARAÚJO, M. G.(et al) **A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil**. Waste Management, Vol. 32 (2012) 335–342

BABBITT, C.W. (et al). **Evolution of Product Lifespan and Implications for Environmental Assessment and Management: A Case Study of Personal Computers in Higher Education**. Environmental Science & Technology vol. 43, nº 13, 2009 p. 5106–5112.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. **Electrical and electronic waste: a global environmental problem**. Waste Management & Research, Vol. 25, No. 4, 2007, p. 307-318.

BESEN, G. R. Programa de coleta seletiva de Londrina: caminhos inovadores rumo à sustentabilidade. In: JACOBI, P. (Org.). **Gestão compartilhada dos resíduos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006. P. 109-128.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, Senado, 1988. 168 p.

BRASIL. Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, DOU de 23.12.2010b.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 ago. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 12 jun. 2009.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Brasil, 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 22 ago. 2009.

BRASIL. Lei no 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2007, p. 3, col. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 12 jun. 2009.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 ago. 2010a. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 25 ago. 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 257, de 30 de junho de 1999. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jul. 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>>. Acesso em: 12 jun. 2009.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 401, de 04 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 nov. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>>. Acesso em: 12 jun. 2009.

CAI, Z.; JIANG, G. **Determination of polybrominated diphenyl ethers in soil from waste recycling site.** Talanta, vol.70, 2006, p. 88–90.

CALDERONI, S.. **Os bilhões perdidos no lixo.** São Paulo: Humanitas, 2003.

CHANCEREL, P. **Substance flow analysis of the recycling of small waste electrical and electronic equipment: An assessment of the recovery of gold and palladium.** Tese (Doutorado). ITU-Schriftenreihe, Technischen Universität Berlin. Berlin, 2010.

CHANCEREL, P.; ROTTER, S. **Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment.** Waste Management, Vol. 29, N° 8, 2009, p. 2336-2352.

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. **Agenda 21.** Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=575>>. Acesso em: 13 ago. 2009.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Explanatory Memorandum to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Waste Electrical and Electronic Equipment and Explanatory Memorandum to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment. Brussels, 2000.

D' ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (coord.). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DARBY, L.; OBARA, L. **Household recycling behaviour and attitudes towards the disposal of small electrical and electronic equipment**. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 44 (2005), p. 17–35

DAVIS, G.; HERAT, S. **Opportunities and Constraints for Developing a Sustainable e-Waste Management System at Local Government Level in Australia**. Waste Management & Research, Vol. 29, N° 8, 2009, p. 1-9.

DIAS, J. A.; MORAES FILHO, A. M. DE. **Os Resíduos Sólidos e a Responsabilidade Ambiental Pós-Consumo**. 2ª ed. Marília, 2008. Disponível em: <<http://www.prsp.mpf.gov.br/marilia>>. Acesso em 31 ago. 2009.

DIMITRAKAKIS, E. (et al). **Determination of heavy metals and halogens in plastics from electric and electronic waste**. Waste Management, Vol. 29, N° 10, 2009, p. 2700-2706.

EIGENHEER, E. M. **Lixo, vanitas e morte**. Niterói: EdUFF, 2003.

EU. Directive 2002/96/EC of the European parliament and of the council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) — joint declaration of the European parliament, the council and the commission relating to article 9. Official Journal L037:0024-39, 2002a. Disponível em: <<http://europa.eu.int/eur-lex/en/>>. Acesso em: 11 jul. 2009.

EU. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS). Official Journal L037, 13/02/2003 p. 19– 23; 2002b. Disponível em: <<http://europa.eu.int/eur-lex/en/>>. Acesso em: 11 jul. 2009.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

FRANCO, R. G. F. **Protocolo de Referência para Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Domésticos para o Município de Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Engenharia, Programa de

Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2008.

GASI, T. M. T.; FERREIRA, E. Produção Mais Limpa. In: VILELA JR, A.; DEMAJOROVIC, J (Org.). **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. Senac: São Paulo, 2006. P. 41 a 84.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, M. I. (et al). **Modelling a recovery network for WEEE: A case study in Portugal**. Waste Management, 2011.

HOBBSAWN, E. **Era dos Extremos - o breve século XX: 1914-1991**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

HUISMAN, J. (et al). **Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)**. United Nations University, Bonn, Germany, 2007.

HUISMAN, J.; STEVELS, A. L. N.; STOBBE I. **Eco-Efficiency Considerations on the End-of-Life of Consumer Electronic Products**. IEEE Transactions On Electronics Packaging Manufacturing, vol. 27, no. 1, January 2004: 9-25.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD 2009 – Síntese de indicadores**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010b.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores municipais – Município de Piracicaba** IBGE, 2010c. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estática). **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IDEC (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor) Tecnologia que vira lixo. **Revista do Idec**, Abril 2009, p. 26-30.

IPPLAP - Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba. **Domicílios por bairro e categoria de ocupação - 2000**. Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e

Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2001. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 20 de nov. de 2011.

_____. **Localização, relevo e extensão territorial de Piracicaba.** Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2011a. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

_____. **Estimativa Populacional do Município - 1872 a 2011.** Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2011b. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

_____. **Taxa geométrica de crescimento anual da população - 1980/1991, 1991/2000 e 2000/2010.** Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2011c. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

_____. **Volume de resíduos domiciliares coletados - 2001 a 20011.** Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2011c. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

_____. **Volume (Kg) de materiais recicláveis comercializados pelo Reciclador Solidário e pelo Reciclar 2000 por tipo - 2000 a 20011.** Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2011d. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

_____. **Passageiros transportados (pagantes e gratuitos) por empresa do sistema de transporte coletivo do município de piracicaba - 1988 a 2011.** . Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2011e. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

_____. **Base cartográfica de regiões e bairros de Piracicaba.** Maio de 2005. Diretoria de Estudos Socioeconômicos, Informações e Desenvolvimento Urbano e Rural. Departamento de Sistema de Informações. Piracicaba, 2011e. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 20 de nov. de 2011.

_____. Mapa de Piracicaba, disponível no site. s/d. Disponível em: <<http://www.ipplap.com.br/acidade> >. Acesso em: 23 de jan. de 2012.

JACOBI, P. (org.). Prefácio. In: _____. **Gestão Compartilhada dos Resíduos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006.

JOVANIC, P.; TOSIC, K.; ROCHAT, D. **Exploring e-waste management systems in the United States**. UNEP, 2011.

LOHSE, J. (et al). **Collection Targets for Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)**. Final Report. Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection of the Commission of the European Communities. 1998. Disponível em: <<http://www.oekopol.de/en/Archiv/Stoffstrom/weee/weee.htm#Conclusions> >. Acesso em: 10 de nov. de 2011.

KAHHAT, R. (et al). **Exploring e-waste management systems in the United States**. Resources, Conservation and Recycling vol. 52, 2008, p. 955–964.

KARAGIANNIDIS, A. (et al). **Characteristics of wastes from electric and electronic equipment in Greece: results of a field survey**. Waste Management & Research, vol. 23, 2005 p. 381-288.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LI, Y. (et al). **Leaching of heavy metals from E-waste in simulated landfill columns**. Waste Management, vol. 29, 2009 p. 2147–2150.

LIM, S-R.; SCHOENUNG, J. M. **Toxicity potentials from waste cellular phones, and a waste management policy integrating consumer, corporate, and government responsibilities**. Waste Management, vol. 30, 2010, p. 1653–1660.

LINDHQUIST, T.; MANOMAIVIBOOL, P.; TOJO, N. **La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano: La gestión de residuos de aparatos**

eléctricos y electrónicos en Argentina. Lund University, International Institute for Industrial Environmental Economics. Suíça, 2008.

LIU, X.; TANAKA, M.; MATSUI, Y. **Electrical and electronic waste management in China: progress and the barriers to overcome.** Waste Management Research, Vol. 24, 2006, p. 92-101.

LUIZIO, M. **Gestão Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos: Proposta para um Modelo de Gestão de REEE em Portugal.** Monografia (Conclusão de curso). Instituto Superior Técnico, licenciatura em Engenharia do Ambiente. Lisboa, 2004.

MANZINI, E.; VEZZOLLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MELISSEN, F. W. **Redesigning a collection system for “small” consumer electronics.** Waste Management , vol. 26 , 2006, p. 1212–1221.

MELO, T. F. **Gestão de Resíduos Sólidos: um estudo sobre grupos de influência no Município de Piracicaba – SP.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2012.

MONTEIRO, J. H. P. (et al). **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Coord. Técn. Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development). **EPR Policies and Product Design: Economic Theory and Selected Case Studies.** ENV/EPOC/WGWPR(2005)9/FINAL. Paris, 2006.

ONGONDO, F. O. (et al) **How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes.** Waste Management vol. 31 (2011) p. 714–730

PIRACICABA. PSRSUP - Plano de Saneamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Piracicaba. Piracicaba, 2008.

PIRACICABA. PSRSUP - Plano de Saneamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Piracicaba. Piracicaba - Revidado, 2009. Disponível em: <http://www.piracicaba.sp.gov.br/UserFiles/File/sedema/Plano_de_Saneamento_RSU_final.pdf>. Acesso em 20 fev. 2010.

PIRACICABA. Revisão do Plano Diretor de desenvolvimento de Piracicaba. Relatório 1 – Leitura Técnica e participativa. Instituto Pólis, 2003a. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/acidade_bdados.php>. Acesso em: 15 de jan. de 2012.

PIRACICABA. Decreto Municipal 10582 de 31 de dezembro de 2003, regulamenta a Lei 5297/03, que "Dispõe Sobre a Responsabilidade da Destinação de Pilhas e Baterias Usadas e Revoga a Lei Municipal 5114/02. Piracicaba, 2003b.

PIRACICABA. Lei municipal 5297 de 14 de julho de 2003 dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas e baterias usadas e revoga a lei municipal nº 5114/02. Piracicaba, 2003c.

PIRACICABA. Decreto municipal 8550 23 de agosto de 1999 regulamenta a lei nº 4.669/99, que dispõe sobre a obrigação das casas comerciais que comercializam celulares, a instalarem caixas coletoras para baterias usadas, pilhas e similares e da outras providencias. Piracicaba, 1999.

PROCON (Fundação de Proteção ao Consumidor). Informações. Disponível em: <<http://www.procon.sp.gov.br/texto.asp?id=600>>. Acesso em 02 de Jan. 2012.

RAHMAN, F. (et al). **Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame Retardants**. The Science of the Total Environment, vol. 27, 2001, p. 1-17.

REVEILLEAU, A. C. A. A. **Política e Gestão Compartilhadas de Resíduos Sólidos no Âmbito do Poder Público, do Empreendedor e do Consumidor: responsabilidade socioambiental e sua implementação**. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2007.

ROBINSON, B. H. **E-waste: An assessment of global production and environmental impacts**. Science of the Total Environment, vol. 408, 2009, p. 183–191

ROCHA, G. H. T (et al). **Diagnóstico da geração de resíduos eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**. EMPA e FEAM. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://ewasteguide.info/system/files/Rocha_2009_pt.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2009.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. University of Nevada, Reno, Center for Logistics Management. Reverse Logistics Executive Council, 1998.

RODRIGUES, A. C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. São Paulo, 2007.

_____. **Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: alternativas de política e gestão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Meio Ambiente e Sociedade). Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo. São Paulo, 2003.

ROMÁN MOGUEL, G.J. Diagnóstico sobre la Generación de Basura Electrónica en México. Instituto Politécnico Nacional México, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo México D.F. 2007.

ROMANINI, C. **Indicadores de sustentabilidade aplicáveis na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Piracicaba-SP**. Monografia (Especialização) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2011.

SÃO PAULO. Lei Estadual 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/estadual/leis/2006_Lei_Est_12300.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2009.

SÃO PAULO. Lei nº 10.888, de 20 de setembro de 2001. Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências. Estado de São Paulo, aos 20 de setembro de 2001. Acesso em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/licitacoessustentaveis/Lei%20Estadual%2010888%2020-09-2001.pdf>. Acesso em: 10 de jun. 2010.

SÃO PAULO. Lei Nº 13.576, de 6 de julho de 2009a. Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei%20n.13.576,%20de%2006.07.2009.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2009.

SÃO PAULO. Lei Nº 54.645, de 05 de agosto de 2009b. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.300 de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e altera o inciso I do artigo 74 do Regulamento da Lei nº 997, de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 1976. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/legislacao/norma.do?id=157206>>. Acesso em: 11 ago. 2011.

SÃO PAULO. Resolução SMA-038 de 02 de agosto de 2011. Estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental, para fins do disposto no artigo 19, do Decreto Estadual nº 54.645, de 05.08.2009, que regulamenta a Lei Estadual nº 12.300, de 16.03.2006, e dá providências correlatas. DOE de 03-08-2011. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2011/38_020811.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2011.

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Perfil Municipal. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 14 jan. 2012.

SEDEMA (Piracicaba). **Resíduos de onde vem e para onde vai o nosso lixo**. Cartilha. 2011a.

SEDEMA (Piracicaba). **Sedema começa a receber o descarte oficial de eletroeletrônicos**. 8 de novembro de 2011b. Disponível em: <<http://sedemapiracicaba.blogspot.com/2011/11/sedema-comeca-receber-o-descarte.html>>. Acesso em 23 jan. de 2012.

SEDEMA (Piracicaba). Informações site (2012). Disponível em: <<http://sedema.gov.br>>. Acesso em 23 jan. de 2012.

SELUR; ABLP e PricewaterhouseCoopers. **Gestão da Limpeza Urbana: Um investimento para o futuro das cidades**. PricewaterhouseCoopers, 2010.

SEPÚLVEDA, A. (et al). **A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: Examples from China and India**. Environmental Impact Assessment Review, vol. 30, 2010, p. 28-41.

SUDAN, D. (et al). **Dá pá virada: Revirando o tema lixo.** Vivências em educação ambiental e resíduos sólidos. São Paulo: Programa USP Recicla/ Agência USP Inovação, 2007.

UNEP (United Nations Environment Programme). **E-waste - Volume II: E-waste Management Manual.** Division of Technology, Industry and Economics, International Environmental Technology Centre. Osaka/Shiga, 2007.

UNEP (United Nations Environment Programme); UNU (United Nations University). **Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies: recycling from e-waste to resources.** Final Report, 2009.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **Electronic reuse and recycling infrastructure development in Massachusetts.** EPA-901-R-00-002. 2000.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). Electronics waste management in the United States - Approach 1. Office of Solid Waste. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC, 2008.

VARIN, B.; ROINAT, P-E. **Entrepreneur's guide to computer recycling - Volume 1: Basics for starting up a computer recycling business in emerging markets.** TIC Ethic Sarl Institut Telecom Sud Paris, 2008.

VEIT, H. M. (et al). **Utilização de processos mecânicos e eletroquímicos para reciclagem de cobre de sucatas eletrônicas.** Rev. Esc. Minas [online]. 2008, vol.61, n.2, p. 159-164. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rem/v61n2/a08v61n2.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2009.

WIDMER, R. (et al). **Global perspectives on e-waste.** Environmental Impact Assessment Review (Elsevier) v. 25, 2006, p. 436-458.

WONG, C.S.C. (et al). **Evidence of excessive releases of metals from primitive e-waste processing in Guiyu, China.** Environmental Pollution, vol. 148, 2007, p. 62-72.

ZANCUL, E. de S. **Gestão do Ciclo de Vida de Produtos: seleção de sistemas PLM com base em modelos de referência.** Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em

Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
São Carlos, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionários e Guias de Entrevista

A- Questionário Assistência técnica

1. Realiza assistência técnica de quais produtos?
2. Quais equipamentos são mais encaminhados para assistência? Qual a qtd média de aparelhos que recebe?
3. Quais desses equipamentos geram mais rejeitos durante o conserto?

Produtos	1	2	3
Refrigerador			
Freezers			
Máquina de lavar roupa			
Microondas			
Aparelhos de ar condicionado			
Pequenos eletrodomésticos: Liquidificador, batedeira, torradeira, ventilador, ferro de passar roupa			
Equipamentos de informática			
Telefone celular			
Aparelho de som, rádio			
Televisão			
Aparelho de DVD			
Videocassete			
Furadeira, máquina de costura			
Videogame			
Outros:			
Outros			
Outros			

4. Qual a quantidade média de resíduos gerados ao mês?
5. O que é feito com o resíduo desses equipamentos?
6. Realiza assistência técnica de quais marcas?
7. O fabricante orienta sobre procedimentos para a destinação dos resíduos? não sim
8. Há algum material que retorna para o fabricante? não sim

B- Questionário estabelecimentos de venda de sucata

1. Recebe eletroeletrônico: sim não
2. Quem geralmente encaminha eletroeletrônicos?
3. O que é feito com o material coletado?
4. Todas as partes são vendidas? sim não
5. Caso não? O que é feito com esse material?

C- Questionário estabelecimentos com pontos de descarte de pilhas e baterias e eletroeletrônicos

1. Material coletado: pilhas e baterias celulares eletroeletrônicos
2. Quantos pontos de descarte têm no município?
3. Qual a localização dos pontos de descarte?
4. Qual o destino do resíduo coletado?

5. Fabricantes dos produtos participam do programa de descarte? não sim
 6. Quem mantém o programa financeiramente?

D- Guia entrevista representante SEDEMA setor de gerenciamento de resíduos

1. Há dados sobre REEEs no município? (quantitativo/qualitativo)
2. Atualmente, quais as opções mais comuns para a destinação de REEE no município?
3. Quais ações estão sendo realizadas pela Prefeitura para promover a destinação correta de REEEs?
4. O que motivou a implementação dessas ações?
5. Em relação ao financiamento do sistema:
 - a) Quanto a Prefeitura investe nos serviços de gestão de resíduos? Qual o percentual do Orçamento Municipal destinado a esses serviços?
 - b) De onde provêm os recursos? Qual a forma de cobrança pelo serviço de limpeza urbana e/ou coleta de resíduos?
 - c) Quanto está sendo empregado para a gestão de REEEs (Coleta/transporte/tratamento/manutenção e operação: pessoal; equipamentos; infraestrutura; transporte; tratamento; divulgação etc)?
 - d) Qual o percentual do orçamento destinado aos serviços de gestão de resíduos municipal é empregado para essas ações?
6. Como este sistema foi oficializado?
7. Quem é responsável pelo funcionamento do sistema? Qual o número de funcionários envolvidos no serviço?
8. Qual a infraestrutura destinada à gestão de REEEs?
9. Qual a porcentagem da população é atendida em cada ponto?
10. Como está sendo realizado o processo educativo junto à população?
11. Quais atores identifica como prioritários para o sucesso desse gerenciamento? Como está sendo a participação destes?
12. Qual o papel das parcerias?
13. Como avalia o programa? Está atendendo as expectativas? Há alguma avaliação realizada junto a população?
14. Quais os desafios e barreiras enfrentados para desenvolver essas ações já implementadas?
15. Quais os desafios e barreiras enfrentados para desenvolver ações para a gestão dos demais REEEs?
16. Quais os mecanismos para garantir a continuidade dessas ações?
17. Quais as perspectivas futuras para a gestão de REEEs? Foram estabelecidas metas para o futuro?
18. Existe algum projeto social sendo desenvolvido em relação aos REEEs? Há perspectivas?
19. Este sistema poderia servir de referência para outros municípios? O que aconselharia a outros municípios para delinear um projeto similar? Quais principais passos a seguir, estrutura necessária?
20. Já foram consultados por outras administrações municipais?
21. Como os instrumentos da Lei Estadual nº 13.576, de 6 de julho de 2009 e da Política Nacional de Resíduos, poderá beneficiar municípios paulistas para a formulação de estratégias de gestão de REEE?
22. Quais as perspectivas em relação a PNRS?
23. Há perspectivas de criação de regramentos legais a nível municipal para a gestão de REEEs?
24. Existem mecanismos que desencorajem a disposição incorreta dos REEEs?

- 25.** Em sua opinião, quem deveria financiar o sistema de coleta e tratamento de REEEs?
- 26.** Do seu ponto de vista, quais seriam as soluções mais adequadas para a gestão de REEE nos municípios?

E- Guia de entrevista para representante da Secretária da SEDEMA

1. Quais ações estão sendo realizadas pelo município em relação aos REEE?
2. O que motivou inicialmente a implementação destas ações?
3. De onde provem o orçamento para estes programas?
4. Atualmente qual a porcentagem do orçamento municipal destinado aos serviços de limpeza urbana? Qual a porcentagem desse orçamento destinado aos programas de REEE?
5. Existem mecanismos que desencorajem a disposição incorreta dos REEEs?
6. Há programas que estimulem a reutilização desses REE pós-consumo?
7. Quais atores identifica como prioritários para o sucesso desse gerenciamento? Como está sendo a participação destes?
8. Existe algum projeto social sendo desenvolvido em relação aos REEEs? Há perspectivas?
9. Qual o papel da cooperativa Reciclador Solidário dentro destas ações? Há perspectivas de outras ações de inclusão social
10. Como avalia o programa? Está atendendo as expectativas? Há alguma avaliação realizada junto a população?
11. Quais os mecanismos para garantir a continuidade dessas ações nas próximas gestões?
12. Quais os desafios e barreiras enfrentados para desenvolver essas ações já implementadas?
13. Este sistema poderia servir de referência para outros municípios? O que aconselharia a outros municípios para delinear um projeto similar? Quais principais passos a seguir, estrutura necessária?
14. Já foram consultados por outras administrações municipais?
15. Quais as perspectivas futuras para a gestão de REEEs? Foram estabelecidas metas para o futuro?
16. Quais os desafios e barreiras enfrentados para desenvolver ações para a gestão dos demais REEEs?
17. Qual incentivo da alta administração para a implementação dos programas de gerenciamento de REEE?
18. Qual o papel das parcerias? E dos acordos setoriais? Há perspectivas para firmar acordos setoriais?
19. Como os instrumentos da Lei Estadual nº 13.576, de 6 de julho de 2009 e da Política Nacional de Resíduos, poderá beneficiar municípios paulistas para a formulação de estratégias de gestão de REEE?
20. Quais as perspectivas em relação a PNRS?
21. Há perspectivas de criação de regramentos legais a nível municipal para a gestão de REEEs?
22. Em sua opinião, quem deveria financiar o sistema de coleta e tratamento de REEEs?
23. Do seu ponto de vista, quais seriam as soluções mais adequadas para a gestão de REEE nos municípios?

APÊNDICE B - Termo de Consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado Sr (a)

O senhor(a) está sendo convidado a participar da pesquisa **“Subsídios à gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: diagnóstico do município de Piracicaba-SP”**.

Essa pesquisa faz parte do mestrado de Márcia Cristina Martilho, sob a orientação da Profª Drª Carmenlúcia Santos, realizado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Inovação da Faculdade de Tecnologia/Universidade Estadual de Campinas.

O objetivo da pesquisa é realizar um diagnóstico da situação atual dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) em Piracicaba-SP e de tal modo fornecer subsídios para a proposição de medidas de gerenciamento para estes resíduos.

Como parte da coleta de dados serão levantados os pontos de descartes de REEE e serão realizadas entrevistas com pessoas responsáveis por estabelecimentos relacionadas ao fluxo de equipamentos elétricos e eletrônicos provenientes de residências.

O senhor(a) participará da pesquisa por meio de uma entrevista. Esclareço que sua participação é totalmente livre. Será garantido seu anonimato, tendo em vista que você não será identificado pelo nome. Todas as informações ficarão sob a responsabilidade do grupo de pesquisadores e serão utilizadas para fins científicos. Fica registrado, também, que sempre que julgar necessário, você terá o direito de esclarecer qualquer dúvida a respeito da pesquisa, abaixo consta o e-mail institucional do pesquisador principal e o telefone e endereço da faculdade.

Dessa maneira, solicito sua autorização para realizar esta entrevista.

Solicito sua autorização para divulgar o nome e local do ponto de descarte de REEE.

Márcia Cristina Martilho

E-mail: m104497@pos.ft.unicamp.br

FT/UNICAMP: R. Paschoal Marmo, 1888 - CEP: 13484-332 - Jd. Nova Itália - Limeira, SP

Contato: (19) 2113-3368 / 2113-3339 ou ft@ft.unicamp.br

Piracicaba,..... de de 2011.

Diante dos esclarecimentos acima, eu concordo em participar da pesquisa

.....,
Assinatura do participante

.....
Assinatura do responsável

APÊNDICE C - Dados das projeções de geração de REEE

Projeção de REEE para o município de Piracicaba por tipo de produto

Equipamentos	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total (tn)	Média
Celular	1,692753 96	1,750 717	1,803 246	1,857 336	1,913 063	1,970 456	2,029 575	2,090 451	2,153 174	2,217 757	2,284 293	2,352 825	2,423 414	2,496 12	2,571 003	2,648 122	2,727 568	2,809 402	2,893 682	2,980 485	3,069 899	48,74	2,44
Geladeira	528,9541 818	547,0 667	563,4 81	580,3 831	597,7 967	615,7 309	634,2 046	653,2 272	672,8 268	693,0 08	713,7 992	735,2 142	757,2 72	779,9 912	803,3 906	827,4 889	852,3 145	877,8 859	904,2 219	931,3 461	959,2 865	15.228,8 9	761,44
Freezer	64,96910	67,19	69,20	71,28	73,42	75,62	77,89	80,23	82,64	85,11	87,67	90,30	93,01	95,80	98,67	101,6	104,6	107,8	111,0	114,3	117,8	1.870,50	93,52
Máquina de Lavar Roupa	515 220,7018	378 228,2	988 235,1	59 242,1	472 249,4	75 256,9	655 264,6	301 272,5	034 280,7	912 289,1	28 297,8	312 306,7	237 315,9	287 325,4	691 335,2	368 345,2	86 355,6	268 366,2	616 377,2	931 388,5	249 400,2	1.870,50	93,52
Rádio	216,0044	223,4	230,1	237,0	244,1	251,4	258,9	266,7	274,7	282,9	291,4	300,2	309,2	318,5	328,0	337,9	348,0	358,4	369,2	380,3	391,7	6.218,89	310,94
Televisão	141 325,6449	009 336,7	038 346,9	06 357,3	17 368,0	407 379,0	846 390,4	527 402,1	564 414,2	977 426,6	88 439,4	33 452,6	406 466,2	182 480,1	736 494,5	145 509,4	522 524,7	946 540,4	492 556,6	257 573,3	355 590,5	6.218,89	310,94
DVD	658 22,09886	957 22,85	01 23,54	067 24,24	271 24,97	681 25,72	413 26,49	523 27,29	186 28,10	43 28,95	428 29,82	267 30,71	064 31,63	932 32,58	988 33,56	347 34,57	183 35,60	61 36,67	745 37,77	732 38,91	745 40,07	9.375,50	468,78
Microcomputador	051 288,35	557 298,2	133 307,1	748 316,3	499 325,8	425 335,6	605 345,7	079 356,1	963 366,7	277 377,7	139 389,1	608 400,7	761 412,8	678 425,2	437 437,9	117 451,1	834 464,6	667 478,5	695 492,9	015 507,7	746 522,9	8.301,86	415,09
t/ano de REEE	1,668	1,726	1,777	1,831	1,886	1,942	2,000	2,060	2,122	2,186	2,251	2,319	2,389	2,460	2,534	2,610	2,688	2,769	2,852	2,938	3,026	48.034,7	2,401,74
População Média per capita	364571	3755 08	3867 73	3983 77	4103 28	4226 38	4353 17	4483 76	4618 28	4756 82	4899 53	5046 52	5197 91	5353 85	5514 46	5679 90	5850 29	6025 80	6206 58	6392 77	6584 56	10.454,6	522.730,75
	4,58	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,59	4,59