



Genilson Jacinto Pacheco

**Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma
Proposta para Resíduos de Equipamentos de Informática
no Município do Rio de Janeiro**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (Opção Profissional).

Orientador: Prof. Tácio Mauro Pereira de Campos



Genilson Jacinto Pacheco

**Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma
Proposta para Resíduos de Equipamentos de Informática
no Município do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção profissional) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Tácio Mauro Pereira de Campos

Presidente / Orientador

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. José Tavares Araruna Júnior

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof.^a Michéle Dal Toé Casagrande

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof.^a Neise Ribeiro Vieira

PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial de Pós-Graduação
do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 09 de maio de 2013.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Genilson Jacinto Pacheco

Graduou-se em Gestão de Tecnólogo em Petróleo e Gás na Universidade Estácio de Sá em 2007. Atuou na Área de Gerenciamento de Resíduos Sólidos com ênfase em Licenciamento Ambiental. Atualmente atua na área de Geoprocessamento.

Ficha Catalográfica

Pacheco, Genilson Jacinto

Gerenciamento de resíduos eletro-eletrônicos: uma proposta para resíduos de equipamentos de informática no município do Rio de Janeiro / Genilson Jacinto Pacheco ; orientador: Tácio Mauro Pereira de Campos. – 2013.

153 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2013.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Gestão de resíduos. 3. Resíduos de equipamentos de informática. 4. Reaproveitamento de matéria prima. 5. Reciclagem. 6. Inclusão digital. I. Campos, Tácio Mauro Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por sempre estar ao meu lado dando-me força, saúde e esperança para que eu nunca desistisse de lutar pelos meus objetivos e ideais.

Aos meus pais por terem me fornecido a educação e a visão de vida que tenho hoje.

Aos respectivos Doutores Madiagne Diallo e ao Mestre Carlos Magno, por ter acreditado no meu potencial de ingressar no Mestrado.

Ao meu Orientador e Doutor Tácio Mauro Pereira de Campos por ter acreditado de imediato na minha ideia, incentivando-me constantemente em um projeto novo, inusitado e contemporâneo.

Um agradecimento especial para a minha esposa Nathalia de Deus Pacheco Vianna, por estar sempre ao meu lado me apoiando, incentivando nos momentos mais difíceis da minha vida, juntamente com os seus pais.

Ainda expresso os meus agradecimentos a todas as pessoas queridas que me amam e que me acolheram com muito carinho e credibilidade.

A um grande amigo que sempre me proporcionou confiança e credibilidade e me mostrou que para conseguirmos algo em nossa vida tem que lutar pelos nossos ideais e que devemos sempre buscar e acreditar nos nossos sonhos, Manfred Trapp.

A todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa.

Resumo

Pacheco, Genilson Jacinto; Campos, Tácio Mauro Pereira de. **Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma Proposta para Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2013. 153p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa relativa ao tema “Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma Proposta para Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro”. A cidade do Rio de Janeiro é uma das com maior índice de Desenvolvimento Sustentável do Brasil que se depara, entretanto, com uma problemática gestão dos Resíduos de Equipamentos de Informática. Assim, há a necessidade de ser sugerido um Protocolo adequado para o Município do Rio de Janeiro. Este protocolo deve abranger as seguintes etapas: coleta, tratamento e disposição final. Para o embasamento pragmático do estudo foram feitas visitas técnicas. Pesquisou-se, primeiramente, uma empresa que trabalha no mercado da reciclagem das placas de circuito impresso, e num segundo momento uma Cooperativa Popular conhecida como Amiga do Meio Ambiente (Coopama), que trabalha com todos os tipos de REEEs dando ênfase aos Resíduos de Equipamentos de Informática. O trabalho foi limitado somente ao meio urbano, visto que os serviços e a gestão do lixo eletrônico estão mais centralizados neste espaço. Um dos resultados obtidos foi a verificação relativa à existência de alguns subdistritos cariocas que apresentam números expressivos de computadores domiciliares. Este fato causa uma grande problemática, visto que a coleta destes resíduos ainda é muito precária. Nesta dissertação é proposto um modelo coerente de Gestão adequada, viabilizando uma disposição final sustentável assim como o reaproveitamento desses Resíduos, no Município do Rio de Janeiro.

Palavras-chave

Gestão de Resíduos; Resíduos de Equipamentos de Informática; Reaproveitamento de matéria prima; Reciclagem; Inclusão Digital.

Extended Abstract

Pacheco, Genilson Jacinto; Campos, Tácio Mauro Pereira de (Advisor). **Waste Management Eletro-Electronics: A Propose for Computer Equipament's Waste in the city of Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2013. 153p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The management of solid waste, based on the principles of sustainable development, has proved to be a great challenge which transcends the commonly adopted forms of handling and final disposal. This model implies a review of concepts regarding the production of consumer goods, their demand by the society and the effective social participation concerning the preservation of the environment and, consequently, of the humanity itself.

Besides the academic principles aimed at the application of strategies that promote both the socio-economic development and the preservation of the local environment, this present work shall analyze the management of computer-related equipment. Intending to present the technological and environmental aspects related to one of the mostly discussed themes within the industrial environment and the whole society, the creation of non-durable products has brought about a disturbed increase concerning the production of new computer equipment. These characteristics, when coupled with the lack of an institutional computer-related policy, have demanded the creation of projects which focus on the reduction, reuse, recycling and adequate destination of computer-related waste.

The hypothesis that guided the development of the present work was based on the belief that the implementation of a system which manages the waste of computer equipment may contribute significantly to the local socio-economic and environmental development. Through its capacity of social immersion as a means of job and income generator, this hypothesis also contributes to the reversal of environmental degradation, which is motivated by improper final destination, leading to a refuse of computers and printers in inappropriate places.

The volume of computer-related gadgets used by society has grown substantially. The most recommended procedure to handle this electronic scrap

would be its recycling, especially if we consider that such scrap may contain metals of high commercial value, including gold, silver, platinum, tin and copper.

The aim of this work is to analyze the waste of computer equipment in the city of Rio de Janeiro. I have opted to prepare a protocol of reference for the managing which ascribes to a set of adequate environmental procedures such as segregation, collection, transportation, reception, storage, handling, recycling, reuse, treatment or final disposal, minimizing damages or negative impacts to the environment. The protocol shall later be applied on the target audience, according to the necessity of the sector.

Initially, specific data were obtained from screening-responsible companies and this data showed the de-characterization of computer-related waste. These data were obtained by means of regular technical visits to companies, accompanied by the people in charge of the department, and by mail. The two companies visited are located in the city of Rio de Janeiro.

Arising from the difficulty regarding the waste of computer equipment, this work shall also contribute to the advance of possible solutions, so as to minimize this waste's impact to the environment, especially for this is a legal obligation, according to the new national law on solid waste sanctioned in 2010. With the past years' technological advance, various large-scale, multifunctional gadgets have been produced, leading to an increase in the number electronic equipment. Thus, the amount of waste has also increased, resulting in a variety of environmental impacts.

In Brazil, there are a few companies which work within the recycling field and which possess both the appropriate technology and the conditions to preserve the environment. In this way, very often this scrap ends up being dumped in landfills, together with household waste. By considering that the parts of computer-related equipment contain, in most cases, elements which are harmful to the environment as well as to human-beings' health, it is necessary to have such waste closely managed.

A computer's life span is really short and its users do not manage to make full use of its capacity, becoming obsolete for the consumers who seek machines with higher potential for innovation. For its adequate destiny, the waste can be forwarded to either recycling or computer reconditioning, since computers are

composed of a variety of components. Therefore, the separation of the materials is really important for the reuse itself.

The recycling of computer waste is, undoubtedly, the most viable option for it would avoid the accumulation of such materials in dumps and landfills as well as this waste's negative impact on the environment. Another positive aspect of the recycling of computer-related waste regards its capacity to extend the life span of limited mineral reserves. Recycling should be approached as an action of reuse towards a new introduction within the production-consumption cycle of the materials obtained from waste. When a computer is recycled, its parts, or its raw material, are reused in the manufacturing and assembling of new products.

In accordance with the analyses of the present study, the computer-related waste in the state of Rio de Janeiro requires an adequate management which shall make its handling feasible. Such management should prescribe a set of adequate environmental procedures which consist of: segregation, collecting, transport, reception, storage, handling, recycling, reuse, treatment and final disposal. In this way, by minimizing both the possible damages and the negative impact of this waste on the environment, such arrangement may be applied within the target audience, according to each sector's needs.

These issues are subject to regulations, agreements and volunteer programs in an attempt to reuse the products, from both the governments and the manufacturers' part. They are also subject to various academic and industrial researches, involving specific technologies in the restore of certain components.

A reference mark, when it comes to the initiatives which face the accumulation of such waste, would be the creation of an adequate management of the computer-related waste produced in the state of Rio de Janeiro, considering that the electronics industry has become even more globalized and specialized, and that the life span of industrial products while in the market has also become shorter.

In this paper, the acronym CEW is used to simplify, meaning Computer Equipment's Waste.

In order to frame a CEW managing model it is crucial that the legislations which regard this work are clearly understood and analyzed.

In order to develop an effective GREEEs/ system, it is necessary that responsibilities regarding the product are taken. The policy 2002/96/CE demands

the producer's extended responsibility, in which they are responsible for managing their product after it has been used, being able to opt for either a system of individual management or a system of shared management.

In the system of individual management, the manufacturer takes responsibility, on an individual basis, for the institution and for the financing of its own managing CEW system. The shared system presupposes the sharing of the responsibilities in the managing of the CEW with a licensed managing entity. As in Brazil there are no regulations compelling both the manufacturers and the importers of the Computer Equipment to take responsibility for their products after they have been used, an adaptation of the system of shared management is implemented. For this reason, within this protocol this type of managing is applied to manufacturers, municipalities and consumers responsible for the adequate destination of the CEW.

Within this suggestion, the importers will have to transfer the responsibility of managing the CEW to a managing entity. However, it is up to the importers to integrate the concept of ecodesign to the making of new products, such as the use of sustainable raw materials, the reduction or elimination of hazardous substances, the use of recyclable materials, the enforcement of technologies and materials which extend the life span of the EI, and the easiness in the disassembling the product for further reuse of its pieces or of its different parts to be sent to recycling. The distributors, in association with the importers, shall adopt the system "getting new from the old", by sending the collected material to the CT-REI (Computer-Related Waste Treatment Center). Concomitantly, they will have to guide the consumers on the environmentally-correct destiny of such waste.

Both private and organizational consumers should take environmentally-sustainable actions, prioritizing the reusing of the CEW, which means checking if the repair cost of a product is lower than making a new model of the product. If that is the case, the repairing of the equipment should be the chosen option.

If the equipment is technically outdated for the first consumer, they may opt to donate it social entities.

When it comes to organizational consumers aiming at eliminating a huge quantity of CEW, they should deliver it straight to the CT-REI.

The selective collection of such waste should be made in a differentiated manner from other waste, so that computer-related waste can be delivered to its

reception center, being of extreme importance that the interaction between the infrastructure of the municipal solid waste managing, the consumers and the sorting center is promoted.

The municipal system of solid waste management in the state of Rio de Janeiro has an implemented selective waste collection. Such waste may be adapted to the needs of the CEW, via the easiest and most viable way.

The estimation of generation identified in the diagnosis shows the importance of proposing a system of computer-related equipment management in the municipality of Rio de Janeiro, as there is a high level of production of such waste and its final destination is considered inadequate due to lack of planning and of new conducts, thus hindering the final appropriate destination of this waste. All this could be verified from the study on the flow of computers in the municipality's sub-districts.

Keywords

Residues Management; Computer Equipments Waste; Raw Material Benefits; Digital inclusion.

Sumário

1. Introdução	20
1.1. Importância do trabalho	20
1.2. Objetivos do trabalho de pesquisa	22
1.3. Organização da Dissertação	22
2. Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos	24
2.1. Definição	24
2.2. Composição dos REEEs	27
2.3. Toxicologia dos REEEs	32
2.4. Produção de REEEs no mundo	34
2.4.1. Geração de REEEs no Brasil	37
3. Aspectos Legais de Gerenciamento de REEEs no Mundo	44
3.1. Legislações no Mundo sobre REEEs	44
3.2. Estratégias de Gestão de REEEs na EU	50
3.3. Países Desenvolvidos	54
3.3.1. América do Norte	54
3.3.2. Japão	55
3.4. Países em Desenvolvimento	57
3.4.1. China	58
3.5. Países da América Latina	59
3.6. Legislações no Brasil	61
3.6.1. A responsabilidade compartilhada pós-consumo	63
3.6.2. Principais punições aos responsáveis pela disposição inadequada dos REEEs	65
3.6.3. Aspectos tributários	67
3.6.4. Resolução CONAMA	68
3.7. Análise dos Sistemas	71
3.8. Ferramentas de valorização ambiental dos REEEs	72

4. Computadores e seus Equipamentos	77
4.1. Introdução	77
4.1.1. Dados Históricos	77
4.1.2. História dos computadores no Brasil	79
4.2. Composição	81
4.3. Computadores e periféricos em países emergentes	83
4.3.1. Mercados de Computadores no Brasil	86
4.4. Computadores Pós-Consumo	88
4.4.1. Geração dos Resíduos de Computadores	88
4.4.2. Equipamentos de Informática pós-consumo	92
4.4.2.1. Diferentes destinos dos Equipamentos de Informática	93
4.4.2.2. Armazenamento	94
4.4.2.3. Reuso (segunda-vida)	95
4.4.2.4. Desmontagem para reutilização de componentes	96
4.4.3. Reciclagem dos Resíduos de Equipamentos de Informáticas	96
4.4.3.1. Reciclagem dos polímeros (plásticos) presentes nos equipamentos de informática	98
4.4.3.2. Reciclagem de placas de circuito impresso de computadores	101
4.5. Inclusão digital	104
4.5.1. A inclusão digital como desafio	105
4.5.2. Internet	105
5. Resultados Obtidos	109
5.1. Introdução	109
5.2. Metodologia da Pesquisa	110
5.2.1. Classificação da Pesquisa	112
5.3. Fatores analisados para os Resíduos de Equipamentos de Informática	113
5.3.1. Caracterização do Município	113

5.3.2. Características quantitativas e qualitativas dos Resíduos Sólidos do Município do Rio de Janeiro	115
5.3.3. Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos no Município no Rio de Janeiro	116
5.3.4. Destino dos Resíduos sólidos no município	117
5.3.5. Base dos custos e forma de cobrança da prestação dos serviços públicos da limpeza urbana do Município	118
5.4. Fluxo dos Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro	118
5.4.1. Cooperativa	118
5.4.2. Empresa Recicladora de Placa de Circuito Impresso	121
5.5. Local para a disposição do REI no Município do Rio de Janeiro	126
5.6. Diagnóstico dos Computadores Particulares no Município do RJ	128
5.7. Sugestão para Gestão de Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro	132
5.7.1. Diretrizes Legais para o Modelo de Gestão de REI	132
6. Conclusão e Sugestões	141
6.1. Conclusão	141
6.2. Sugestões	142
7. Referências Bibliográficas	144

Lista de Figuras

Figura 1 - Possibilidade de Destinação dos EEEs	
Pós-consumo	26
Figura 2 - Elementos de uma PCI ao longo do tempo	27
Figura 3 - Composição dos REEEs	29
Figura 4 - Composição dos Plásticos em EEEs	31
Figura 5 - Coleta de REEEs na EU	37
Figura 6 - Destinação do Lixo Eletro-Eletrônico pela população brasileira	42
Figura 7 - Logística Reversa	75
Figura 8 - Resíduos de Equipamentos de Informática	82
Figura 9 - Descarte de PCs e Impressoras Países Emergentes	84
Figura 10 - Eletro-Eletrônicos entre emergentes	85
Figura 11 - Evolução do Mercado de PCs no Brasil	87
Figura 12 - Geração de Resíduos de Computadores	88
Figura 13 - Materiais em Desktop	90
Figura 14 - Materiais em Notebook	90
Figura 15 - Materiais em Monitor	91
Figura 16 - Ciclo de vida dos Equipamentos de Informática	94
Figura 17 - Tubos de Raios Catódicos	98
Figura 18 - Métodos para Reciclagem dos Plásticos	100
Figura 19 - Placas Verdes	103
Figura 20 - Protocolo de Referência para Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos	112
Figura 21 - Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	114
Figura 22 - Armazenamento de Monitores	119
Figura 23 - Carcaça dos Computadores	120
Figura 24 - Carcaças de Laptops	120
Figura 25 - Placas Verdes em Sacos em Big Bags	122
Figura 26 - Esteira para trituração das Placas Verdes	123
Figura 27 - Placas Trituradas	123

Figura 28 - Armazenamento de Placas	124
Figura 29 - Transportador dos sacos Big Bags	125
Figura 30 - Pontos para disposição do EI	127
Figura 31 - Subdistrito do Município do Rio de Janeiro	128
Figura 32 - Sugestão para Gestão de Resíduos de Equipamentos de Informática	135
Figura 33 - Contêineres para coleta de REI	137
Figura 34 - Sugestão para CT-REI	138
Figura 35 - Bancada para separação dos EI	139

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Categorias definidas para Equipamentos Eletro-Eletrônicos	25
Tabela 2 - Elementos das categorias dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos	30
Tabela 3 - Substâncias tóxicas em REEEs e Efeitos à saúde e ao Meio Ambiental	33
Tabela 4 - Crescimento Vegetativo dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos com projeção até 2050	35
Tabela 5 - Crescimento dos REEEs no Mundo	36
Tabela 6 - PIB per capita e crescimento da população brasileira	38
Tabela 7 – Classes sociais no Brasil e a distribuição de renda	39
Tabela 8 - Crescimento dos REEEs no Brasil	41
Tabela 9 - Diagnóstico da Geração de REEEs no Brasil	43
Tabela 10 - Comparação de Legislações Internacionais dos REEEs	45
Tabela 11 - Sistemas de Gestão Similar de REEEs na Europa	52
Tabela 12 - Sistema de Gestão de REEEs Diferentes na Europa	53
Tabela 13 - Análise da abordagem de REEEs nas Políticas de Resíduos Sólidos de dez estados Brasileiros	69
Tabela 14 - Composição de um computador e índice de materiais recicláveis	82
Tabela 15 - Valores de alguns Elementos	92
Tabela 16 - Resinas em Computadores	99
Tabela 17 - Composição da Placa de Circuito Impresso	102

Tabela 18 - Análise Clínica de Placa de Circuito Impresso	103
Tabela 19 - Caracterização do Município	114
Tabela 20 - Geração de Resíduos no Município do Rio de Janeiro	115
Tabela 21 - Estimativa de Computadores em Domicílios no Município do RJ (%)	129
Tabela 22 - Estimativa do potencial do REI	130
Tabela 23 - Percentual da composição dos resíduos de computadores	131

Lista de Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Acrilonitrila-butadienoestireno
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria elétrica e eletrônica
BFR	Brominated Flame Retardantes (Retardantes de Chama Bromados)
CDI	Comitê para democratização da Informática
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFC	Clorofluorcarbono
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPU	Unidade Central de Processamento
CRT	Tubos de Raios Catódicos
CTR	Central de tratamento de resíduos
CT-REEE	Centro de triagem de Resíduos Eletro-eletrônicos
EAR	Electrical Appliance Register
EAG	Eletro Altgeräte Richtlinie
EPA	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)
EEE	Equipamentos Eletro-Eletrônicos
FEAM	Fundação Estadual de Meio Ambiente
GMC	Grupo de Mercado Comum
GREEE	Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos
GREI	Gestão de Resíduos de Equipamento de Informática
HP	Hewlett Packard
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
INEA	Instituto Nacional do Meio Ambiente
IT	Informação tecnológica
LCD	Liquid Cristal Display (Mostrador de cristal líquido)

ONGS	Organização não governamental
PBB	Éter polibromados
PBDE	Éter difenil polibromados
PCB	Benifelinas polibromados
PCI	Placa de circuito impresso
PIB	Produto Interno Bruto
PNI	Política Nacional de Informática
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PUC	Pontifícia Universidade Católica
PEVs	Pontos de Entrega Voluntária
RAEE	Resíduos de aparelhos Eletro-Eletrônicos
REEEs	Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos
REI	Resíduos de equipamentos de Informática
REP	Responsabilidade estendida do produtor
ROHS	Restriction of Hazardous Substances
SEI	Secretaria especial de informática
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SEN	Swiss Foundation for Waste Management (Fundação Suíça para a Gestão de Resíduos)
SWICO	Swiss Association for Information, Communication and Organization
TV	Televisão
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação e ciências
USP	Universidade de São Paulo
UDMA	Delegacia de Proteção ao Meio Ambiente
EU	União Européia
URPVS	Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes
ZVEI	Associação dos fabricantes de produtos elétricos e eletrônicos da Alemanha
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment

1 Introdução

1.1 Importância do trabalho

A aceleração do desenvolvimento tecnológico dos últimos anos produziu inúmeros equipamentos em larga escala com variadas utilidades que proporcionaram e proporcionam um aumento na quantidade e diversidade de Equipamentos Eletro-Eletrônicos. Tudo isso, fruto da necessidade que a humanidade vem sentindo de inovações que facilitem seu cotidiano, reduzindo esforços e distâncias. Estes equipamentos surgiram com o intuito de facilitar a vida da população, gerando conforto e praticidade, além de que inúmeros destes produtos foram criados apenas para o lazer e entretenimento e sem os quais o homem certamente não conseguiria sobreviver.

Por outro lado, esta evolução tecnológica vem acarretando grandes alterações no meio ambiente devido à obsolescência programada em que vivemos, transformando um ecossistema antes simples de interações químicas, físicas e biológicas em sistema muito mais complexo.

O estudo focaliza a necessidade de um sistema de Gestão de Resíduos Sólidos para o Município do Rio de Janeiro em vista deste ser apenas embrionário. Consequentemente, impõe-se uma gestão mais completa para os Resíduos de Equipamentos de Informática para esta área.

A questão que deve ser levada em conta é que esse tipo de resíduo precisa de tratamento especializado, para que não cause desequilíbrio à natureza. Assim, há a necessidade de criar modelos mais adequados e específicos de gestão para os Resíduos de Equipamentos de Informática, de forma a abranger todo um sistema envolvendo coleta, logística reversa, reciclagem e pontos ou locais determinados, pois, assim a população poderá fazer sua destinação de maneira adequada.

Ressalva-se que o Município do Rio de Janeiro constitui o segundo maior PIB do país, com concentrações de grandes empresas, contemplado por grandes números de universidades e institutos, constituindo-se com isso o segundo maior

polo de pesquisa e desenvolvimento do Brasil. Em vista do Município do Rio de Janeiro, atualmente, apresentar o maior índice de descarte de Resíduos de Equipamentos de Informática, há a necessidade de se destacar este Município.

Vale ressaltar que está ainda em fase de estruturação o programa Recicla-Rio ¹que possui como objetivo principal a valorização das eliminações dos Resíduos Sólidos assim como a promoção da parceria entre agentes públicos, privados e comunitários visando fortalecer as iniciativas já existentes e as cadeias produtivas de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro. A meta principal é a redução da geração desses resíduos, possibilitando alternativas para que o mesmo possa ser reaproveitado dentro do sistema produtivo, ao mesmo tempo conseguindo obter melhores condições de trabalho aos catadores dentro do processo da reciclagem.

Este trabalho objetiva colaborar com o conhecimento geral dos REEEs e, especificamente, com os Resíduos de Equipamentos de Informática. Assim, será possível viabilizar melhores soluções para minimizar seus impactos gerados ao meio ambiente e ao homem, tendo como base uma economia sustentável.

Os problemas ambientais causados pela industrialização obrigaram a sociedade a iniciar discussões voltadas ao destino correto dos produtos eletrônicos. Entretanto, ainda pouco se sabe a respeito da reciclagem desses equipamentos, principalmente sobre os resíduos de Equipamentos de Informática, por isso a problemática minimização desta classe de resíduos tornou-se relevante.

Inserido nesta problemática, este trabalho vem colaborar com a pesquisa desse tipo de resíduo e indicações de possíveis soluções para minimizar seus impactos ao meio ambiente. Tal constituiu uma obrigação legal, segundo a nova Lei da PNRS, (12.305/10), que traz entre outros temas, alternativas para a

¹ O programa Recicla-Rio, coordenado pela SUPS/SEA, é instrumento da política de resíduos e está inserido dentro do PERS (Plano Estadual de Resíduos Sólidos). Em fase de estruturação, tem como objetivo principal a valorização dos resíduos sólidos e a promoção da parceria entre os agentes públicos, privados e comunitários visando a fortalecer as iniciativas e a cadeia produtiva da reciclagem no território do estado do Rio de Janeiro. Tendo como foco estratégico a implementação de sistemas de logística reversa para diversos fluxos de resíduos, conforme orientações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10). Segundo essa lei, consumidores, distribuidores, fabricantes e importadores têm responsabilidades específicas sobre os resíduos e suas embalagens, mesmos no sistema produtivo e ao mesmo tempo gerando melhores condições de trabalho aos catadores dentro da cadeia da reciclagem. <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=574909>.

manutenção do equilíbrio ambiental, tais como: a gestão integrada dos Resíduos Sólidos², responsabilidade compartilhada,³ logística reversa⁴ e a coleta seletiva.

1.2 Objetivos do trabalho de pesquisa

Um dos objetivos mais importantes desse trabalho é a possibilidade de realizar um diagnóstico integral para estabelecer a magnitude da problemática da geração e da gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos.

O foco principal do trabalho está baseado na sugestão de uma proposta de um sistema de Gestão de Resíduos de Equipamentos de Informática para o Município do Rio de Janeiro que esteja voltado para redução, reutilização, reciclagem, reaproveitamento e destinação adequada dos mesmos.

Outro objetivo exposto no trabalho foi à identificação dos subdistritos no Município do Rio de Janeiro que apresentam número de computadores em domicílio, apresentando soluções adequadas para esses equipamentos após se tornarem obsoletos.

1.3 Organização da Dissertação

O trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma breve introdução sobre as questões da gestão de Resíduos Sólidos no Município do Rio de Janeiro para que posteriormente possa ser adequada uma gestão específica para os Resíduos de Equipamentos de Informática.

² Art. 3º Lei 12.305/10:

XI: gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações 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.

³ Art. 3º Lei 12305/10:

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

⁴ Art. 3º Lei 12305/10:

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

O capítulo 2 apresenta a revisão geral no que tange os REEEs com as suas definições, composições, analisando a produção no mundo e no Brasil e o levantamento da toxicologia desses equipamentos, levando em consideração que estes resíduos causam impactos ao meio ambiente e doenças graves ao ser humano.

No capítulo 3 apresenta aspectos legais de gerenciamento existentes no mundo e no Brasil, aborda ferramenta de valorização dos REEEs. Por fim, um breve relato sobre as gestões implementadas em alguns países da União Européia, América do Norte, Países desenvolvido e em desenvolvimento que podem servir de espelho para uma melhor gestão no Município do Rio de Janeiro.

No capítulo 4 relata um breve histórico dos computadores no mundo e no Brasil, dando ênfase especificamente as estimativas destes aparelhos. São especificados detalhadamente, a sua composição. E por fim informações para os procedimentos adequados das etapas que envolvem a utilização pós-consumo dos resíduos desses equipamentos propriamente dito, o mercado entre os países emergentes e também a inclusão digital.

O capítulo 5 apresenta de forma clara e objetiva o equacionamento do desenvolvimento da pesquisa: Metodologia aplicada, Caracterização dos Resíduos Sólidos e sua destinação no Município do RJ a qual inclui toda a caracterização dos computadores. Por fim, uma Proposta de um Protocolo de referência para a Gestão de REI no Município do Rio de Janeiro baseado em Diretrizes Legais para a criação deste modelo de gestão.

No capítulo 6 revelam-se as conclusões e sugestões plausíveis a fim de que sirvam de estímulo para projetos e trabalhos que venham a ser realizados no futuro dentro deste assunto.

2 Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos

2.1 Definição

Devido à sua periculosidade ao meio ambiente e ao homem, os resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos se destacam dentre os outros resíduos sólidos. Podem ser também denominados como Resíduos Eletrônicos, Tecnológicos ou lixo eletrônico.

De acordo com a Diretiva 2002/95/CE, Parlamento Europeu no artigo 3º, os Equipamentos Eletro-Eletrônicos, podem ser definidos como:

Os equipamentos cujo funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no Anexo I A da Diretiva 2002/96/CE e destinados à utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua. (Parlamento Europeu, 2003.)

A constante inovação tecnológica desses diversos produtos acarreta uma crescente evolução que traz vantagens e desvantagens.

Tais vantagens são proporcionadas por melhorias como a diminuição do consumo de energia de equipamentos de refrigeração, a melhoria da imagem nos televisores, o aumento na capacidade de processamento dos computadores ou a redução dos preços dos equipamentos para viabilizar que uma parcela maior da população passe a ter condições financeiras para a aquisição desses produtos.

No entanto, o ônus para essa evolução tecnológica está no acréscimo do consumo dos recursos naturais de nosso planeta, na maior geração de gases do efeito estufa e de resíduos durante um processo de produção que consiga atender a esse incremento na demanda de produtos. Mas os problemas não param por aí. Os produtos atuais têm um ciclo de vida muito curto, e logo se tornam obsoletos por diversos motivos como ficar tecnologicamente ultrapassados, pelo design

inovador de novos produtos ou pela inviabilidade financeira do conserto. São dezenas de tipos de equipamentos (como geladeiras, televisões, computadores, lâmpadas, brinquedos e celulares), divididos em outras dezenas de modelos de diversos fabricantes.

Na tabela 1 são apresentadas as diversas categorias definidas dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos de acordo com a Diretiva 2002/95/CE.

Tabela 1 - Categorias definidas para Equipamentos Eletro-Eletrônicos

CATEGORIA	EXEMPLOS
Grandes eletrodomésticos	Geladeiras, máquinas de lavar roupa e louça, fogões, microondas.
Pequenos eletrodomésticos	Aspiradores, torradeiras, facas elétricas, secadores de cabelo.
Equipamentos de informática e de telecomunicações	Computadores, laptop, impressoras, telefones celulares, telefones.
Equipamentos de consumo	Aparelhos de televisão, aparelhos DVD, vídeos.
Equipamentos de iluminação	Lâmpadas fluorescentes
Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)	Serras, máquinas de costura, ferramentas de cortar grama.
Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	Jogos de vídeo, caça-níqueis, equipamentos esportivos.
Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados)	Equipamentos de medicina nuclear, radioterapia, cardiologia, diálise.
Instrumento de monitoramento e controle	Termostatos, detectores de fumo.
Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de dinheiro, bebidas, produtos sólidos.

Fonte: Parlamento Europeu, 2003.

De acordo com (Ademe, 2003), um Equipamento Eletro-Eletrônicos pode transformar-se em resíduo por algumas das seguintes razões:

- a) Não funciona mais ou não pode ser reparado;
- b) É reparável, mas o custo de reparo é alto em relação à compra de um novo com mais funções e prazo de garantia;
- c) Faz parte de outro equipamento que não funciona mais ou
- d) Funciona, mas é tecnicamente obsoleto e foi substituído por um equipamento mais atual.

Estes diversos equipamentos, após o esgotamento da vida útil⁵, podem ter diferentes destinações: reparo, caso estejam avariados, revenda, proporcionando em ambos os casos um segundo ciclo de uso, armazenagem pelos usuários à espera de alguma oportunidade futura de troca, ou então podem ser simplesmente descartados transformando-se em um tipo de resíduo urbano.

A figura 1 ilustra as diferentes possibilidades de fluxo dos EEEs após o primeiro ciclo de uso.

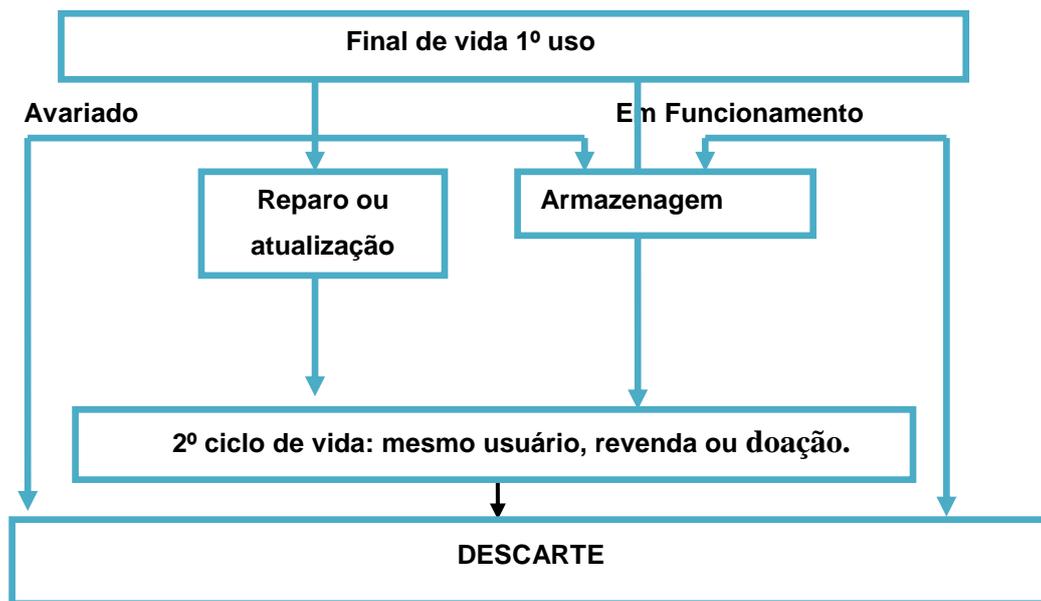


Figura 1 - Possibilidade de Destinação dos EEEs Pós-consumo.
Fonte: Rodrigues, 2007.

Esses milhares de tipos de produtos diferentes, ao final de sua vida útil primária, acabam sendo guardados, doados ou descartados, tornando-se um Resíduo. O modo como é feito esse descarte, se certo ou errado para o meio ambiente, dependerá da consciência e do nível de conhecimento sobre o assunto que cada consumidor tem, independentemente de ser um indivíduo ou uma empresa, associado a uma disponibilização de uma coleta seletiva adequada e de um tratamento final eficiente que recupere uma boa parte da matéria-prima empregada na fabricação do EEEs e reintroduza esse material no processo de produção novamente, fechando um ciclo de vida do berço ao berço.

⁵ O esgotamento da vida útil de um EEEs pode se dar em virtude de vários fatores, tais como: obsolescência tecnológica, necessidade de reparo aliada à inviabilidade econômica do mesmo, modismo, substituição por outros com mais funções.

2.2 Composição dos REEEs

Os resíduos destes Equipamentos são compostos por todos os tipos: residenciais, industriais ou comerciais os quais utilizem eletricidade para executarem suas funções. Podem ser motores elétricos, geladeiras, máquinas de lavar, centrais telefônicas, balcões refrigerados, celulares, computadores que serão o ponto chave de discussão desse trabalho.

No processo de produção desses equipamentos é utilizada uma gama de materiais incrivelmente alta. Aproximadamente 60 componentes químicos da tabela periódica são encontrados nos EEEs. Esses podem ser valiosos e/ou perigosos e encontram-se em diversas partes dos equipamentos. Entretanto, é na placa de circuito impresso, considerada uma das partes mais importantes e mais complexas de um EEEs, que se encontram a maior quantidade de substâncias diferentes (Schluep et al, 2009).

Em 2006 T. Manus *Apud* Sena (2013) apresentou um estudo com base na evolução dos elementos químicos empregados na fabricação das placas de circuito impresso. Através deste fez-se uma interessante comparação quanto à inclusão de novos elementos ao longo dos anos, que pode ser analisado na figura 2. Nos anos 80 eram 12 elementos aplicados nas PCI, na década seguinte foram incluídos mais 4 e, na primeira década desse novo século, seriam potencialmente mais 45.

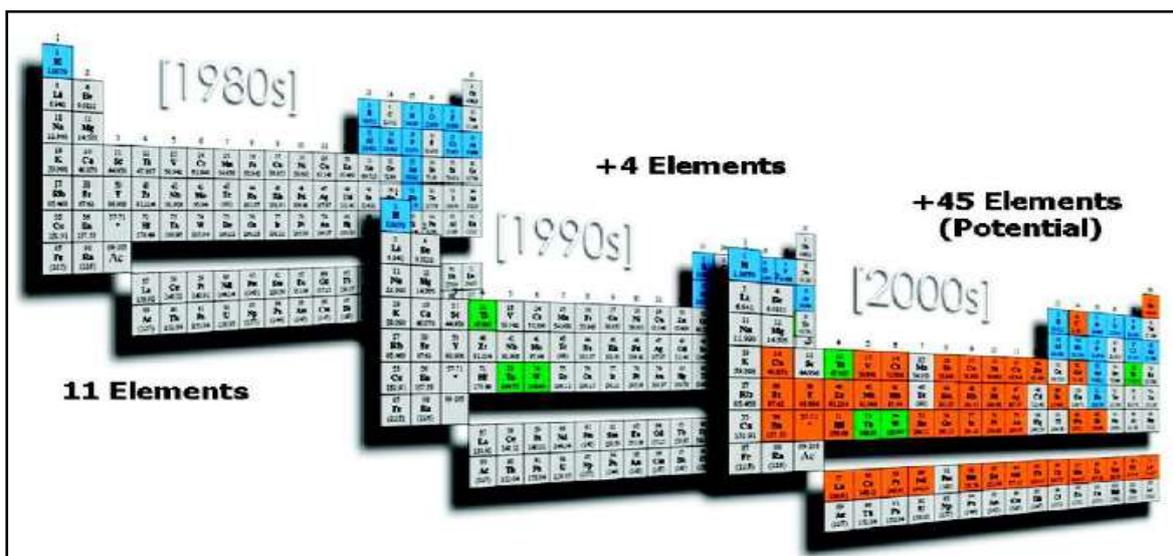


Figura 2 - Elementos de uma PCI ao longo do tempo.
Fonte: T. Manus, 2006 *apud* Sena, 2013.

Geralmente estes equipamentos possuem vários módulos que são constituídos de placas de circuitos impressos, cabos, cordões e fios, plásticos antichama e disjuntores de mercúrio, equipamentos de visualização, como as telas, pilhas e baterias, os meios de armazenamentos de dados, dispositivos luminosos, condensadores, resistências, sensores e conectores (CCE, 2000⁶).

Apesar de representarem uma pequena percentagem do peso total, a concentração de tais metais, como o ouro, é mais elevada em um computador pessoal, ou num eletrônico de maneira geral, do que a que ocorre naturalmente no minério de ouro. O Serviço Geológico dos EUA publicou e constatou em 2001 (USGS, 2001) que uma tonelada de lixo eletrônico produz mais ouro do que é possível extrair de 17 toneladas de minério de ouro.

Através da estimativa realizada pela European Topic Centre on Resource and Waste Management (ETC/RWM) pode-se verificar que o ferro e o aço são os materiais mais comuns encontrados nos EEEs e, por isso, são responsáveis por quase metade do peso total dos REEEs. Os metais não ferrosos, incluindo metais preciosos, representam aproximadamente 13% do peso total dos REEEs. Os metais ferrosos provêm de grandes eletrodomésticos, enquanto os metais não ferrosos dos cabos elétricos, placas de circuito impresso, entre outros (EEA, 2003).

Os metais ferrosos como alumínio e cobre são os mais presentes nos equipamentos de maior porte, isso se justifica por que muitos destes equipamentos executam algum trabalho de força e para isso precisam de uma estrutura metálica que sirva de suporte. Para executar trabalho precisam de motores elétricos, que contenham em seu interior bobinas de cobre, e de tensão e corrente elétricas mais elevadas, o que acarreta fios de bitolas maiores;

O ouro, a prata e o paládio, dito metais preciosos têm um percentual maior nos TIC's e eletrônicos de consumo, assim como o índio e o cádmio, que são metais especiais e que se encontram nos equipamentos com tecnologia mais apurada.

⁶ Comissão das Comunidades Europeias - COM (2000) 347 final, Proposta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho: Relativa aos resíduos de equipamentos Eletro-Eletrônicos e Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos Eletro-Eletrônicos, 2000/0158 (COD) e 2000/0159 (COD), Bruxelas, 13.06.2000.

Tais dados estão representados na figura 3.

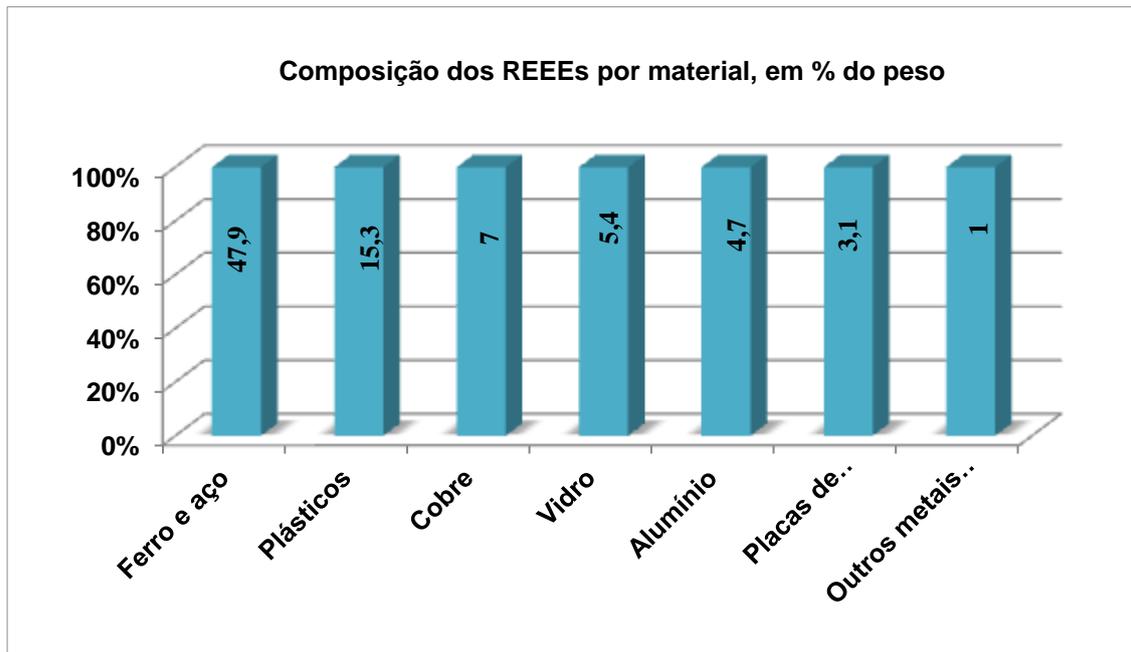


Figura 3- Composição dos REEEs
Fonte: EEA, 2003.

Todos os Equipamentos Eletro-Eletrônicos apresentam composição bastante variada, contendo polímeros, cerâmicos e metais. A quantidade de metais, em especial o cobre, torna essas sucatas uma matéria-prima muito rica do ponto de vista econômico. A presença de chumbo em sua composição instiga estudos para sua reciclagem e reaproveitamento, (Veit, 2006).

Contudo, estes equipamentos, principalmente aqueles utilizados em casa e os de TIC's ⁷ tem um peso relativamente baixo, conforme a tabela 2, e não dão a ideia da quantidade de materiais ali empregados para sua fabricação. De um modo geral, para esses equipamentos, o EMPA publica em seu site na internet uma média das substâncias encontradas nos Eletro-Eletrônicos domiciliares e de TIC.

⁷ TICs: Correspondem a todas as tecnologias que interferem e medem os processos informais e comunicativos dos seres. Ainda, podem ser entendidos como um conjunto de recursos tecnológicos integrados entre si, que proporcionam, por meio das funções de hardware, software e telecomunicações, a automação e comunicação dos processos de negócios, da pesquisa científica e de ensino e aprendizagem.

Tabela 2 - Elementos nas categorias dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos

Material	Grandes eletrodomésticos (%)	Pequenos eletrodomésticos (%)	TIC's e eletrônicos de consumo (%)	Lâmpadas (%)
Metais ferrosos	43	29	36	-
Alumínio	14	9.3	5	14
Cobre	12	17	4	0.22
Chumbo	1.6	0.57	0.29	-
Cádmio	0.0014	0.0068	0.018	-
Mercúrio	0.000038	0.000018	0.00007	0.02
Ouro	0.00000067	0.00000061	0.00024	-
Prata	0.0000077	0.000007	0.0012	-
Paládio	0.0000003	0.00000024	0.00006	-
Índio	0	0	0.0005	0.0005
Plásticos Bromurados	0.29	0.75	18	3.7
Plásticos gerais	19	37	12	0
Vidro de Chumbo	0	0	19	0
Vidro	0.017	0.16	0.3	77
Outros	10	6.9	5.7	5

Fonte: Adaptado de EMPA, 2012.

Na figura 4 mostra-se que o plástico é o segundo maior componente, em peso, representando aproximadamente 21% dos REEEs. A importância destaca-se justamente pelo fato de apresentar um percentual que varia entre 15% a 40%. A maior parte encontra-se nos Equipamentos de consumo, com 32% nos grandes eletrodomésticos e com 15% nos Equipamentos de Informática e telecomunicações. Das dez categorias de REEEs abrangidos pela Directiva 2002/96/CE representam cerca de 87% de plástico existente nos EEEs.

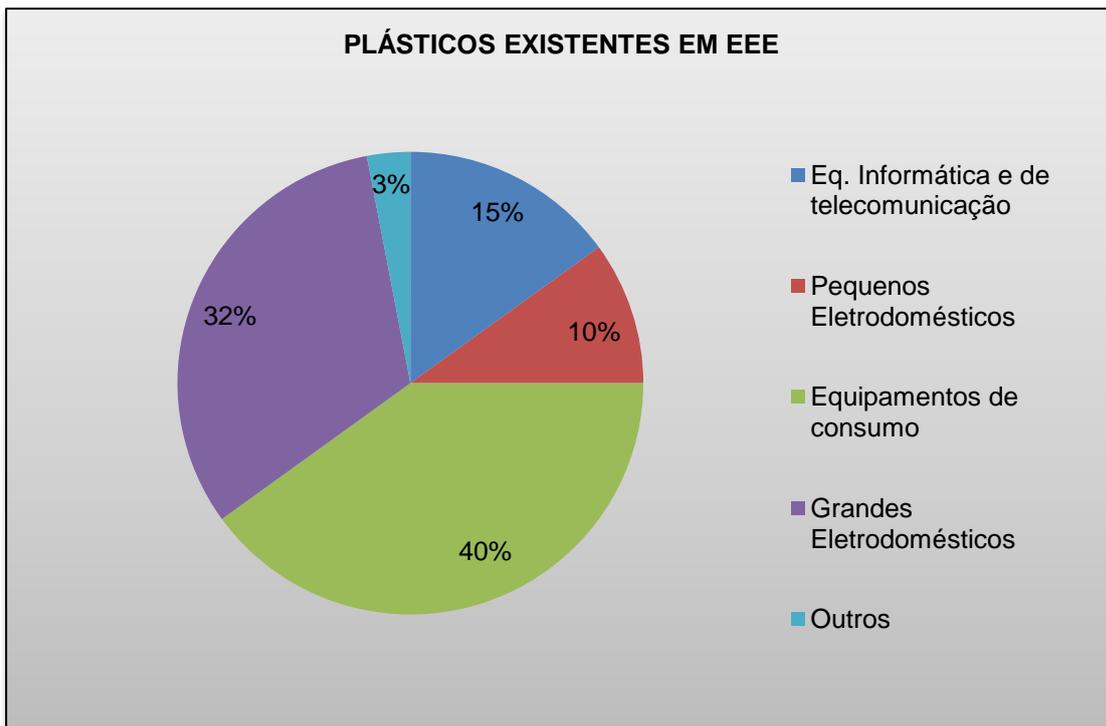


Figura 4 - Composição dos Plásticos em EEEs.
Fonte: Ribeiro, 2009.

Produzido a partir do petróleo, o plástico torna-se um recurso cada vez mais escasso do planeta. A reciclagem desse material é muito onerosa e complexa, devido à grande diversidade de variadas resinas utilizadas, geralmente entre oito e dez tipos diferentes, e à utilização dos tipos de aditivos ante-chama (PBBE, PBB).

Devido à viabilidade técnica e econômica, a forma eficaz de garantir uma redução significativa dos riscos para a saúde e o meio ambiente relacionados com substâncias como chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente, polibromobifenilo (PBB) ou éter difenil polibromado (PBDE⁸), que possa conseguir o nível escolhido de proteção na Comunidade, consiste na substituição das referidas substâncias nestes equipamentos por materiais mais seguros. A restrição da utilização de tais substâncias é susceptível de incrementar as possibilidades de reciclagem dos REEEs de forma econômica e, assim, diminuir o

⁸ Os PBBs e PBDEs – do inglês: Polybrominated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl – polibromato bifênil e o éter de difenil são substâncias químicas manufaturadas que se encontram numa grande variedade de bens de consumo (monitores, computadores, televisores, tecidos, espumas plásticas, etc.) para fornecer resistência contra o fogo. Por estarem misturados com o plástico ao invés de unidos a ele, podem escapar e serem liberados para o meio ambiente. Os PBB's são semelhantes, mas não idênticos aos PBDE's, ambos são incolores, sólidos e esbranquiçados e são misturados com até 209 produtos químicos individuais. A fabricação do PBBs foi encerrada nos Estados Unidos em 1976, enquanto que a produção de PBDEs continua até o presente (ATSDR, 2002). Conforme definição de ALMEIDA (2008), PBDE's e PBB's são compostos orgânicos sintéticos, resistentes aos ácidos, as bases, ao calor, a luz e a substâncias redutoras e oxidantes por isso, são muito persistentes quando lançados ao ambiente.

seu impacto negativo sobre a saúde dos trabalhadores das instalações de reciclagem.

Vale destacar, como contribuição para a gestão dos REEEs as Diretivas Européias:

- 2002/96/CE de 27 de Janeiro de 2003, alterada pela Diretiva 2003/108/CE de 8 de Dezembro de 2003, WEEE referentes à gestão de REEEs. Esta diretiva ressalta a prevenção na sua produção, promove a reutilização, a reciclagem e outras formas de valorização destes resíduos.
- 2002/95/CE de 27 de Janeiro de 2003, RoHS referente à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas nos EEEs. Esta Diretiva ressalta a contribuição para a proteção da saúde humana e para uma valorização e eliminação ecologicamente corretas dos REEEs.

Além do aumento da quantidade de Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos, o ciclo de vida curto desses equipamentos implica em outros fatores essenciais como o aumento do consumo de recursos naturais, principalmente os minerais, e o aumento dos riscos ambientais em função de sua disposição, conforme será visto adiante.

Em resumo, o lixo eletrônico é resultado de uma composição da diversidade de produtos proporcionados pela evolução tecnológica, de uma população que descobriu prazer em adquirir e utilizar esses produtos e de um forte incentivo dado ao consumo com a justificativa de manter a economia girando.

2.3 Toxicologia dos REEEs

O problema dos REEEs não se limita somente ao volume que estes acumulam, mas também devido aos componentes específicos que causam danos capazes de desequilibrar o meio ambiente e a saúde do homem. Todos os REEEs contêm substâncias tóxicas, por isso sua reciclagem torna-se um recurso indispensável para o tratamento adequado de determinadas partes ou componentes que contenham essas substâncias.

Na tabela 3 são apresentados os equipamentos com as substâncias tóxicas que os constituem destacando-se os seus efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.

Tabela 3 - Substâncias tóxicas em REEEs e Efeitos à saúde e ao Meio Ambiental

Metais	Danos potenciais à saúde humana	Danos potenciais ao meio ambiente	Aplicações nos equipamentos eletrônicos
Retardadores de chama bromados	Cancerígenos e neurotóxicos: podem interferir na função reprodutora	Podem ser solúveis em água, voláteis, bioacumulativos e persistentes. Em incinerados geram dioxinas e furanos.	Computadores e televisores.
Cádmio	Possíveis efeitos irreversíveis nos rins e podem provocar câncer e desmineralização óssea, manifestações digestivas (náusea, vômito, diarreia), problemas pulmonares, envenenamento (quando ingerido), Pneumonite (quando inalado).	Bioacumulativos, persistente e tóxico para o meio ambiente.	Resistores, detectores de infravermelho e semicondutores e nas versões mais antigas de raios catódicos.
Cromo	Provocam reações alérgicas em contato com a pele, é cáustico e genotóxico.	Absorção celular muito fácil pelas plantas e animais dos efeitos tóxicos.	
Chumbo	Danos no sistema nervoso, endócrino, cardiovascular e rins, dores abdominais (cólica, espasmo e rigidez), disfunção renal, anemia, problemas pulmonares, neurite periférica (paralisia), encefalopatia (sonolência, manias, delírio, convulsões e coma).	Acumulação no ecossistema, efeitos tóxicos na flora e fauna e microorganismos.	Soldas nos circuitos impressos e outros componentes e tubos de raios catódicos nos monitores e televisores.
Mercúrio	Possíveis danos cerebrais e Cumulativos e podem passar para o feto. Gengivite, salivação, diarreia (com sangramento), dores Abdominais (especialmente epigástrico, vômitos, gosto metálico), congestão, inapetência, indigestão, dermatite e elevação da pressão arterial, estomatites (inflamação da mucosa da boca), ulceração da faringe e do Esôfago, lesões renais e no tubo digestivo, insônia, dores de cabeça, colapso, delírio, convulsões.	Pode tornar-se solúvel em água; acumula-se nos organismos vivos.	Termostatos, sensores de posição, chaves, relés e lâmpadas descartáveis, equipamentos médicos, transmissão de dados, telecomunicações e telefones celulares, baterias, interruptores de residências, interruptores de residências e placas de circuito impresso.

Bário	Inchaço do cérebro, fraqueza muscular, danos no coração, fígados e no baço.		Painel frontal do CRT
Cobre	Pode gerar cirrose hepática		Presente em vários componentes eletrônicos.

Fonte: www.lixo.org.br ⁹

Um dos elementos mais tóxicos analisado é o chumbo. Por isso, cuidado especial se deve ter com os tubos de raios catódicos que apresentam um volume de 20% deste elemento. Outros perigos podem ser detectados nas baterias de níquel e cádmio que contêm mercúrio, arsênico e outros elementos altamente tóxicos.

2.4 Produção de REEEs no mundo

Segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, entre 20 e 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico são gerados a cada ano. Essa informação foi divulgada por (Schwarzer et al , 2005) e a explicação encontra-se abaixo:

A produção de dispositivos elétricos e eletrônicos é o setor com crescimento mais rápido dentro da indústria de manufatura nos países industrializados. Ao mesmo tempo, inovação tecnológica e marketing intenso geram um rápido processo de substituição. A cada ano, de 20 a 50 milhões de toneladas de lixo de Equipamentos Eletro-Eletrônicos (e-waste) são gerados em todo o mundo, o que poderia trazer sérios riscos a saúde do homem e ao meio ambiente.

Esta afirmação foi feita em janeiro de 2005. Isto faz com que se observe que as estimativas de lixo composto por Equipamentos Eletro-Eletrônicos são correspondentes ao ano de 2004. Se esses valores forem projetados em cima dos dados de crescimento da população mundial pode-se ter uma ideia de crescimento vegetativo ¹⁰ sobre o montante deste lixo gerado no mundo até o ano de 2050.

⁹ <http://lixoeletronico.org/blog/substancias-perigosas-do-lixo-eletronico>.

¹⁰ Foi somente levado em consideração o crescimento vegetativo, não levando em consideração os impactos como: o aumento na quantidade anual de lixo eletrônico mundial, causados pelas novas tecnologias que estão tornando equipamentos de modelos de televisores, celulares, computadores e todos os outros tipos obsoletos, de forma cada vez mais rápida.

A Tabela 4 ilustra a estimativa de volume de eletrônicos tomando como base o volume de lixo eletrônico no início de 2005 e utilizando como taxa de crescimento a mesma empregada para se estimar a população mundial até o ano de 2050. Essa taxa de crescimento da população foi obtida a partir de dados disponibilizados pelo U.S. Census Bureau, International Data Base (U.S. Census Bureau, 2012).

Tabela 4 - Crescimento vegetativo dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos com projeção até 2050

Ano	População Mundial*	Cresc Pop. Mundial em relação a 2005 (%)	Qtd mín. E-waste (milhões ton).	Qtd máx. E-waste (milhões ton).
2005	6.479962284	-	20.000000	50.000000
2010	6.868528206	6,00%	21.199285	52.998211
2020	7.632247295	17,78%	23.556456	58.891140
2030	8.323406015	28,45%	25.689674	64.224186
2040	8.924579672	37,73%	27.545159	68.862898
2050	9.441101083	45,70%	29.139370	72.848426

Fonte: * U.S. Census Bureau, International Data Base.

A tabela 4 foi gerada baseada na taxa crescimento vegetativo da população mundial. Mas há fontes que sugerem um crescimento do lixo Eletro-Eletrônico de até 5% ao ano (Ferreira, 2008). Se esse crescimento se confirmar, em 2013, já ter-se-à ultrapassado o volume de REEEs esperado para 2050, conforme a tabela 5.

O volume do lixo Eletro-Eletrônico realmente deve continuar aumentando, segundo um relatório emitido em 2010 pelo STEP (Solving the E-Waste Problem), uma iniciativa de várias organizações das Nações Unidas que visa resolver o problema deste lixo. O relatório informa: em 1990 foram 19,5 milhões de toneladas de Equipamentos Eletro-Eletrônicos colocados no mercado; em 2000 foram 34 milhões; em 2010 foram 57,4 milhões e em 2015 a previsão é de que serão colocados no mercado 76,1 milhões de toneladas de EEEs (Step, 2010).

Tabela 5- Crescimento dos REEEs no Mundo

Ano	População Mundial*	Aumento de 5% ao ano do REEEs em relação a 2005 % *	Qtd mín. E-waste (milhões ton)	Qtd máx. E-waste (milhões ton)
2005	6.479.962.284	-	20.000.000	50.000.000
2006	6.558.066.329	5,00%	21.000.000	52.500.000
2007	6.636.826.517	5,00%	22.050.000	55.125.000
2008	6.715.207.267	5,00%	23.152.500	57.881.250
2009	6.792.892.971	5,00%	24.310.125	60.775.313
2010	6.868.528.206	5,00%	25.525.631	63.814.078
2011	6.946.043.989	5,00%	26.801.913	67.004.782
2012	7.023.324.899	5,00%	28.142.008	70.355.021
2013	7.100.414.131	5,00%	29.549.109	73.872.772
2014	7.177.568.852	5,00%	31.026.564	77.566.411
2015	7.254.549.710	5,00%	32.577.893	81.444.731

Fonte: * U.S. Census Bureau, International Data Base.

A volumetria para 2015, segundo o relatório do STEP, ultrapassaria a estimativa feita com base no crescimento vegetativo da população na tabela 4, e se aproximaria da quantidade máxima de REEEs, se considerado o crescimento de 5% ao ano, da tabela 5.

Outro fator que merece destaque para o aumento do volume do lixo eletrônico é o crescimento do setor de Tecnologia de Comunicação e Informação (TIC) nos países em desenvolvimento, principalmente os BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China). A OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) observou que de 2000 a 2005 somente a China teve um crescimento de 22% em sua área de TI (Tecnologia da Informação), sendo que em 2006 ela apareceu em 6º lugar entre os países com os maiores mercados de TI, ficando em sua frente apenas Estados Unidos, Japão, Alemanha, Inglaterra e França. Isso é um feito incrível ao se considerar que 10 anos antes menos de 1% de sua população possuía computador.

Na Figura 5 encontra-se representada uma estimativa da evolução da coleta de REEEs na UE para o período compreendido entre 2005 e 2007, onde se verifica uma tendência crescente em todos os EM¹¹.

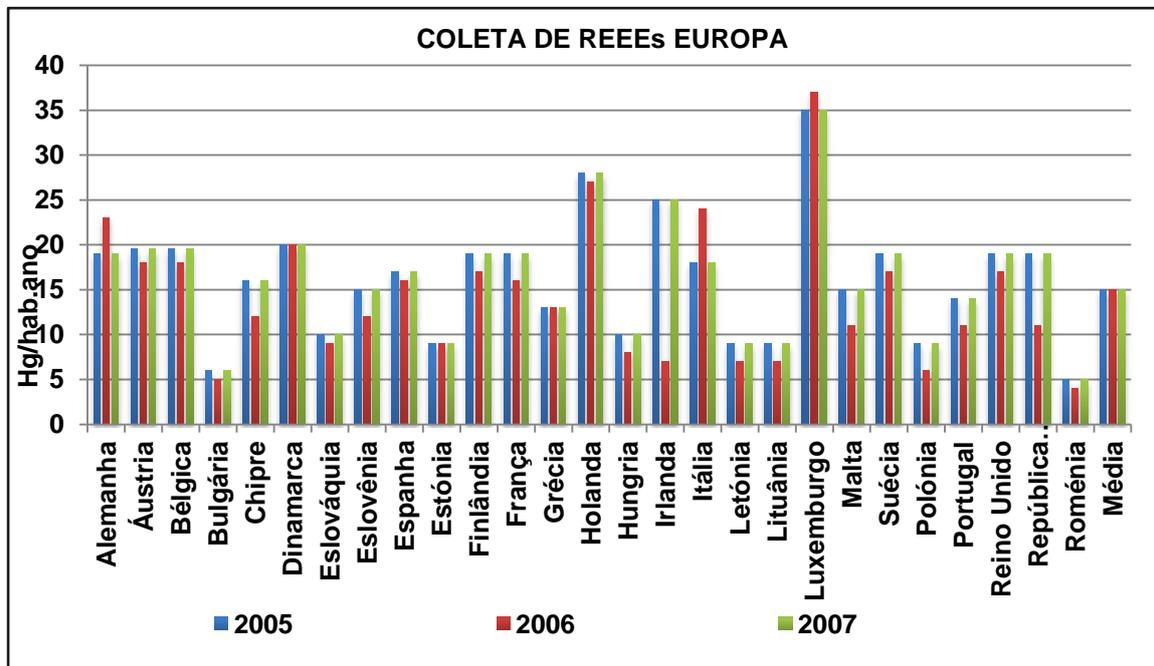


Figura 5 - Coleta de REEEs na EU.
Fonte: Carvalho, 2008.

2.4.1

Geração de REEEs no Brasil

Ao longo do tempo, os Resíduos Sólidos Urbanos vêm mudando suas características devido às inovações tecnológicas. Como exemplo, pode-se citar os computadores que são aparelhos eletrônicos de grande utilidade pelo ser humano, e que tiveram grande evolução em seus formatos.

¹¹ É Uma união econômica e política de 27 Estados-Membros independentes que estão localizados principalmente na Europa, países soberanos como: Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estónia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polónia, Portugal, Roménia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia e Reino Unido. Os membros da União tem crescido a partir dos seis Estados-membros fundadores - Bélgica, França, Alemanha (então Ocidental), Itália, Luxemburgo e Países Baixos - até os atuais 27 membros, agrupados por sucessivos alargamentos, quando esses países aderiram aos tratados e ao fazê-lo, agruparam a sua soberania em troca de representação nas instituições do bloco. Para aderir à UE, um país tem de cumprir os critérios de Copenhaga, definidos no Conselho Europeu de Copenhaga, em 1993. Estes requerem uma democracia estável, que respeite os direitos humanos e o Estado de direito; uma economia de mercado capaz de concorrer na UE e a aceitação das obrigações de adesão, incluindo a legislação da UE. <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Estados-membros da Uni%C3%A3o Europeia](http://pt.wikipedia.org/wiki/Estados-membros_da_Uni%C3%A3o_Europeia)>. Acesso em 13-02-13.

Esses bens de consumo fazem parte cada vez mais da vida diária da população de um modo geral. Entretanto, a diminuição da vida útil desses equipamentos (e.g.computadores, televisores, periféricos) faz com que se tornem rapidamente obsoletos.

Os equipamentos eletrônicos enquanto estão sendo manuseados corretamente, durante o seu tempo de vida útil e conforme orientam os manuais dos fabricantes, não apresentam riscos para a saúde nem ao meio ambiente. O problema passa a acontecer depois que são depositados em lixões a céu aberto¹² e começam a sofrer a ação do tempo, principalmente da chuva que carrega as partículas do material que está se decompondo, contaminando o solo, os lençóis freáticos e o meio ambiente de um modo geral.

De acordo com a tabela 6 pode-se verificar que esse problema tende a se agravar com a melhoria da situação financeira da população e conseqüentemente gera um aumento de consumo. Conforme dados publicados pelo IBGE, apesar da população brasileira ter crescido o PIB per capita no Brasil pulou de R\$ 6.886,00 no ano 2000 para R\$ 19.509,00 no ano 2010, o que tenderia a diminuir o incremento per capita do PIB.

Tabela 6 - PIB per capita e crescimento da população brasileira

Ano	1995	2000	2005	2010
PIB per Capita (R\$)	4.441	6.886	11.709	19.509
População	158.874.963	171.279.882	183.383.216	193.252.604

Fonte: IBGE, 2012.

Incorporado ao aumento da produção de riqueza, a renda média da população brasileira também aumentou, firmando que houve uma melhoria nas condições de consumo das famílias, conforme a edição de “O Observador” de 22 de março de 2012, uma publicação do grupo financeiro Cetelem BGN. Segundo a publicação, a classe C passou de 34% para 54% da população em sete anos e, só no ano passado, sua renda média familiar subiu 8%.

¹² Lixões ou vazadouros a céu aberto, termo adotado em algumas regiões, e a denominação atribuída a disposição dos resíduos sobre o solo sem qualquer tipo de controle ou técnica. Não há controle ambiental ou sanitário e neles se misturam toda sorte de detritos residenciais, comerciais, hospitalares, agrícolas e industriais. É um foco permanente de vetores de doenças como ratos e insetos (ANVISA, 2006).

A tabela 7 apresenta dados sobre a melhoria das condições financeiras das famílias brasileiras que acarreta o crescimento do lixo Eletro-Eletrônicos no Brasil, mas ainda esta bem distante daquelas apresentadas em países desenvolvidos como a França, Inglaterra e Alemanha, onde geram aproximadamente 13 kg/hab/ano. Estimativas sugerem que sejam produzidos 2,6 Kg a cada ano por habitante (Rodrigues, 2007). Isso não é muito, e para confirmar a baixa produção, há outro estudo que aponta 3,7Kg (FEAM, 2009) por habitante por ano no Brasil. Esses valores, apesar de discrepantes, 43% de diferença, podem ser resultado das considerações em algumas variáveis utilizadas para estimar o volume total de resíduos em cada estudo. As variáveis utilizadas são a quantidade de anos do período avaliado, o tempo de vida útil estimado para cada equipamento, os tipos de equipamentos analisados e os pesos médios estimados de cada um dos tipos.

Tabela 7 - Classes sociais no Brasil e a distribuição de renda

Distribuição da população brasileira por classe de consumo							
Classe	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
AB	15%	18%	15%	15%	16%	21%	22%
C	34%	36%	46%	45%	49%	53%	54%
DE	51%	46%	39%	40%	35%	25%	24%
Renda familiar média por classe de consumo em R\$							
Classe	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
AB	2484,00	2325,00	2217,00	2586,00	2533,00	2983,00	2907,00
C	1107,00	1162,00	1062,00	1201,00	1276,00	1338,00	1450,00
DE	545,00	571,00	580,00	650,00	733,00	809,00	792,00
Média anual	1026,93	1099,48	1047,27	1188,35	1287,07	1537,82	1612,62

Fonte: Cetelem BGN, 2012.

Além das variáveis acima citadas, (Rodrigues, 2007) utilizou outras condições de contorno para estimar a quantidade de REEEs gerados no Brasil para o período de 2002 a 2016, demonstrados na tabela 8. Para ter mais consistência considerou os EEEs que possuíam informações com histórico de vendas expressivas e com alta taxa de descarte devido ao seu baixo custo ou reduzido

tempo de vida útil. Os EEEs escolhidos precisavam também ter alta diversidade de materiais na sua composição e ser de rápida obsolescência para os quais existem no Brasil algumas atividades voltadas a reuso dos equipamentos inteiros, componentes e reciclagem (computadores). Apesar da limitação dos dados de vendas de aparelhos e do parque instalado, (Rodrigues, 2007) obteve junto a FGV, Eletros e Anatel, dados para montar tabelas de apoio e obter o resultado na tabela 8, onde é possível, claramente verificar o crescimento dos REEEs no Brasil.

Uma particularidade que pode ser observada nessa tabela é a redução do volume de REEEs gerado durante os anos de 2008 e 2009. Isso pode ser um reflexo da crise econômica internacional que foi percebida mais fortemente naqueles anos.

Tabela 8 - Crescimento dos REEEs no Brasil

Resíduos Gerados por equipamento ou grupo (t*1000)												
Ano	TV	Vídeo	DVD	Som	Rádio ou CD	CPU	Monitor	Impres	Tel. Cel.	GED	PED	Total ton/ano
2002	99,6	11,5	0,04	26,5	2,10	18,0	0	12,0	2,31	203,3	15,4	391,0
2003	99,6	16,2	0,38	26,5	1,41	18,0	0	12,0	1,13	203,3	15,9	394,6
2004	99,6	14,6	1,17	20,0	1,03	18,0	26,0	12,0	1,33	203,3	14,0	411,3
2005	121,3	11,9	2,15	13,9	1,45	27,0	26,0	12,0	2,02	206,3	13,4	437,7
2006	170,8	7,0	3,19	13,0	1,89	27,0	26,0	12,0	3,08	221,6	14,0	499,6
2007	156,7	7,2	3,19	16,9	2,83	27,0	39,0	12,4	3,70	220,7	13,4	503,2
2008	116,7	5,7	3,19	17,3	2,41	27,0	39,0	4,00	3,53	215,9	13,6	448,6
2009	80,9	4,3	3,19	15,6	1,99	27,0	39,0	6,00	3,00	215,1	13,9	410,3
2010	105,7	0	3,19	18,7	1,99	27,9	39,0	12,8	3,00	267,7	13,9	494,1
2011	94,3	0	3,19	18,7	1,99	54,0	39,0	12,0	3,00	334,1	13,9	574,4
2012	97,3	0	3,19	18,7	1,99	49,5	40,3	12,0	3,00	314,2	13,9	554,3
2013	115,9	0	3,19	18,7	1,99	74,7	78,0	12,0	3,00	257,3	13,9	578,9
2014	115,9	0	3,19	18,7	1,99	54,0	71,5	12,0	3,00	237,2	13,9	531,6
2015	115,9	0	3,19	18,7	1,99	54,0	107,9	12,0	3,00	248,2	13,9	579,0
2016	115,9	0	3,19	18,7	1,99	54,0	107,9	12,0	3,00	260,7	13,9	591,6

Fonte: Rodrigues, 2007.

O comportamento do consumidor brasileiro com relação ao descarte dos seus EEEs no final de sua vida útil foi explanado por (Saraiva, 2010) em seminário na USP em 27/10/2010 sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ele demonstrou resultado através dos dados da figura 6, onde se é possível observar a quantidade expressiva de Eletro-Eletrônicos fora de uso guardados e outra quantidade, de mesmo volume aproximado, que é destinada ao lixo.

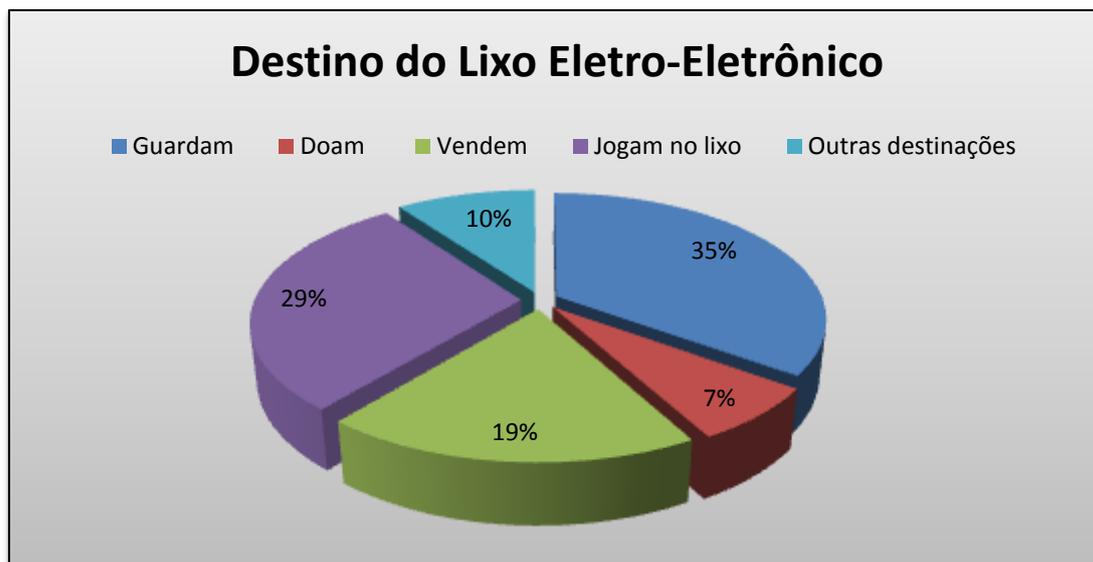


Figura 6 - Destinação do Lixo Eletro-Eletrônico pela população brasileira.
Fonte: Saraiva, 2010.

De acordo com a estimativa elaborada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2009¹³), o cálculo da geração de resíduos foi feito através da metodologia de Consumo e Uso, estabelecido pelo EMPA¹⁴ (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research) estima-se a geração per capita anual, para o período compreendido entre 2001 e 2030, de 3,4 kg/habitante para o Brasil. A Tabela 9 apresenta uma estimativa de REEEs no Brasil para o ano de 2020.

¹³ FEAM Fundação Estadual do Meio Ambiente. Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Junho de 2009.

¹⁴ EMPA é um centro de pesquisa sediado na Suíça que ao longo dos últimos anos, tem desenvolvidos trabalhos de quantificação e gerenciamento de resíduos Eletro-Eletrônicos em diversos países do mundo. Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology. Disponível em:

< http://ewasteguide.info/material_composition>. Acessado em 22 mar. 2012.

Tabela 9 - Diagnóstico da Geração de REEES no Brasil

LOCAL	TODOS OS REEES			TICC		
	Geração 2010	Per Capita Média	Acumulado de 2001 a 2020	Geração 2010	Per Capita Média	Acumulado 2001 a 2020
Brasil	678.960 t/ano	3,4 Kg/hab	22,4 Milhões t	202.450 t/ano	1,0 Kg/hab	6,6 Milhões t

Fonte: FEAM, 2010.

3

Aspectos Legais de Gerenciamento de REEEs no Mundo

3.1

Legislações no Mundo sobre REEEs

Conforme explicado por (Ziglio, 2005), a década de 80 foi marcada por uma crescente preocupação das empresas com os custos para a disposição final de seus resíduos perigosos, principalmente daquelas localizadas em países desenvolvidos, cujas leis ambientais eram mais rigorosas. A alternativa utilizada então era a exportação desses resíduos para países subdesenvolvidos.

O meio para combater esse tipo de prática veio com a Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu armazenamento. Esta foi concluída pela Organização das Nações Unidas, na cidade Basileia, Suíça em 22 de março de 1989 e entrou em vigor em 5 de maio de 1992. Atualmente são 176 os países signatários, sendo as exceções o Afeganistão, o Haiti e os Estados Unidos da América.

Sendo um importantíssimo acordo internacional, a Convenção de Basileia foi incorporada ao Direito Brasileiro através da aprovação do seu texto no Decreto Legislativo nº 34, de 1992, já comprovando, à época, o interesse do Brasil em ações ecologicamente corretas (Ziglio, 2005).

No âmbito internacional, a Convenção da Basileia de 1989, é o documento legal que mais se aproxima de uma adequada regulamentação do destino de Resíduos Eletro-Eletrônicos. Com a finalidade de garantir a segurança ambiental e a saúde humana, estabelece um regime internacional de controle e cooperação, para minimizar a geração de resíduos perigosos, através das mudanças nos processos produtivos e redução dos movimentos transfronteiriço desses resíduos. A convenção aparece como único tratado internacional que legisla sobre o impacto ambiental das operações de depósito, recuperação e reciclagem dos resíduos, (Convenção Basileia, 1989).

Visando aumentar a restrição do envio de resíduos perigosos para países subdesenvolvidos, foi aprovada, na terceira reunião de Conferência das Partes

(COP) em 1995 uma emenda prevendo a proibição das exportações, pelos Estados membros da OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development), de todos os resíduos perigosos abrangidos pela Convenção, para disposição final, reutilização, reciclagem ou recuperação em todos os outros países. No entanto, em janeiro de 2011, a emenda ainda não havia entrado em vigor.

(Rodrigues, 2007) comenta que vários autores concordam em dizer que a Convenção é falha e que não é eficaz em coibir transporte internacional de resíduos perigos para disposição em países subdesenvolvidos. Mesmo depois da Convenção a exportação de resíduos perigosos e principalmente REEEs continuou ocorrendo livremente, uma das razões foi apontada no relatório publicado por Puckett et al (2002), no qual exemplifica um programa piloto realizado pela EPA dos EUA em 2002 que recolheu sucata eletrônica em São José, Califórnia, e estimou que ainda era 10 vezes mais barato enviar monitores CRT para a China do que reciclar no Estados Unidos da América.

A elaboração de uma tabela comparativa das principais leis e normas que regulamentam o lixo eletrônico no mundo é um marco legislativo pioneiro que inspirou outras legislações mundo afora, conduzindo o rumo dos programas ambientais da indústria eletrônica e que alavancou discussões sobre o impacto social e ambiental dos eletrônicos descartados inadequadamente. A tabela 10 apresenta as principais legislações sobre REEEs em países onde estão implementadas as suas respectivas Diretivas.

Tabela 10 - Comparação de Legislações Internacionais dos REEEs

País	Legislação	Princípios	Etapas e Prazos	Responsabilidades	Metas	Semelhança entre as Políticas
União Europeia	Diretiva 2002/95/CE - RoHS	A partir de 01 de julho 2006, embora haja determinadas isenções (limitações materiais). Após aprovação desta Diretiva RoHS houve diversas ementas a	A ser decidida por comitê com alta especialidade	Cabe ao produtor diminuir gradativamente e banir o uso de substâncias Tóxicas em questão	Redução e eliminação de substâncias tóxicas na composição dos EEEs.	A WEEE e RoHS se inserem nas diretrizes da Política Integrada de Produtos, PIP e baseia-se no princípio da precaução, da ação preventiva,

		esta, abrindo exceções para alguns usos de chumbo, cádmio e dos retardantes de chama bromados, fruto da pressão de associação de fabricantes desses produtos.				do poluidor pagador e no da Responsabilidade Ampliada do Produto.
União Europeia	Diretiva 2002/96/CE - WEEE	Substituição de substâncias Tóxicas Aumento na taxa de reciclabilidade, incentivo á reciclagem e proibição de depósitos inadequados.	Até 2006 reciclar 4 kg de resíduos eletrônicos per capita/ano, aumento gradativo da quantidade de eletrônicos reciclados.	Estabelece regras disciplinando a gestão desses resíduos, responsabiliza financeiramente os fabricantes e importadores por essa gestão e estabelece metas crescentes para coleta e prazos para montagem de sistemas de tratamento e recuperação de equipamentos descartados.	Prazos e metas a serem cumpridas serão calculados a partir de estudos periódicos para medir impacto de aplicação da lei.	x
China	ROHS CHINA	Restringe a substâncias Tóxicas em eletrônicos.	Segue padrões da legislação Européia ROHS.	Assim o produtor deve diminuir e reduzir o uso das 6 substâncias tóxicas em questão.	Idem a legislação Européia HOHS.	x
EUA +CAL	Decreto de reciclagem de eletrônicos baseada na WEEE E ROHS.	Responsabilidade e produtor de logística reversa e reciclagem.	Metas e prazos gradativos a serem definidos por comitê especial.	Logo o consumidor deverá pagar um imposto de reciclagem assim como o produtor deverá criar uma rede de coleta para	Na Califórnia está sediada grande parte das maiores indústrias de tecnologia do	x

				que o Estado mantenha a reciclagem com os recursos do imposto.	mundos.	
EUA + NY	Eletronic Equipment collection	Responsabilidade produtor de logística reversa e reciclagem metais e prazos gradativos	2015(25% coletado)	Os produtores têm que submeter o plano de manejo do lixo à prefeitura. Há a proibição de descartar eletrônico no lixo comum e aterro sanitário, assim como uma meta de 25% de coleta e reciclagem do total vendido anualmente para 2015 e de uma sanção com pena mínima de US\$ 100,00(Pessoa Física) e US\$ 1000,00(Pessoa Jurídica).	X	x
Japão Lei entrou em vigor a partir de abril de 2001	Home Appliance Recycling Law	Substituição de substâncias Tóxica aumento da reciclabilidade incentivo a reciclagem e proibição de depósitos inadequados.	Aplicação imediata.	Os consumidores pagam taxas para descartar eletroeletrônico, Estado responsável pelo sistema de coleta e logística reversa, o produtor deverá ser responsável pela reciclagem e reutilização adequada dos componentes tóxicos.	No Japão estão sediadas grandes partes das maiores indústrias de tecnologia do mundo. Maior taxa de consumo e descarte de eletrônicos per capita do mundo.	x

Mundial	Convenção da Basiléia	Regulamenta o movimento transfronteiriço de resíduo tóxico entre os países signatários.	Aplicação imediata	Os estados devem regularizar e fiscalizar todo o fluxo de importação/exportação de resíduos tóxicos, resíduos eletrônicos classificados em duas categorias altamente tóxicos. (baterias e monitores de TV) e moderadamente tóxicos (qualquer resíduo de equipamento eletrônico que não seja proveniente de bateria ou monitor de TV)	Com exceção dos EUA, Afeganistão, Haiti que não ratificaram o documento.	Além da existência dessas Diretivas, os REEEs estão entre os resíduos considerados perigosos, constando do Catálogo Europeu de Resíduos – European Waste Catalogue (Environment Agency, 2002, p. 21). Tal catálogo tem atualização periódica e visa atender os resíduos perigosos que necessitam de tratamento especial e ao Artigo 1 (a) da Diretiva 75/442/EEC que trata da gestão dos resíduos
---------	-----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: www.lixoeletronico.org.

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Européia consideravam que a Diretiva 2002/96/CE, relativa aos Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos (REEEs), por motivos de clareza, devia ser reformulada. Para tanto definiram e aprovaram um texto com novas normas em 19 de janeiro de 2012 que atualiza a Diretiva de 2003 com melhorias quanto a coleta e a reciclagem de REEEs, pois esses são os resíduos que registram o crescimento mais rápido dentro da UE. Objetiva também evitar a transferência ilegal de REEEs para outros países e cumprir a Convenção de Basiléia. O texto com as modificações foi publicado pelo Jornal Oficial da União Européia em 24 de julho 2012 como Diretiva 2012/19/UE relativa aos Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos REEEs.

Foram elaboradas alterações no sentido de aumentar a quantidade mínima de resíduos onde os Estados-Membros serão obrigados a coletar e reciclar. Além

disso, o modo como é feito o diagnóstico das quantidades passou a ser feito em função do número de equipamentos que o país coloca em seu mercado, e não mais do seu número de habitantes, como acontece atualmente.

A quantidade mínima de REEEs coletados anualmente, estabelecida pela Diretiva de 2003, é de 4 kg por habitante e pelas novas regras é estipulado que a partir de 2016 a maioria dos Estados-Membros terá de coletar 45 toneladas de resíduos EEEs por cada 100 toneladas colocadas no mercado nos três anos anteriores e a partir de 2019, a taxa de coleta mínima aumentará para 65%. A reciclagem dos resíduos EEEs terá também de aumentar para 80% para certas categorias de produtos.

Considerando que a coleta é uma condição prévia para melhorar os índices de reciclagem, a UE se preocupou em amarrar no novo texto a obrigação do consumidor em contribuir ativamente com essa importante ação. Para melhorar a participação deles serão disponibilizadas em lojas varejista pontos de coleta para resíduos EEEs muito pequenos (como celulares), no entanto, sem a obrigação de comprar outro produto. Além disso, deverão ser criadas instalações adequadas para a entrega de REEEs, incluindo centros de coleta pública, onde os particulares possam entregar esses resíduos sem encargos.

Abaixo segue o trecho retirado das considerações contidas na revisão da Diretiva 2002/96:

“Ao prever a responsabilidade do produtor, a presente diretiva incentiva uma conceção e fabricação dos EEEs que contemplem plenamente e facilitem a reparação, a eventual atualização, reutilização, desmontagem e reciclagem dos EEEs”.

Nele fica clara a preocupação da comunidade europeia quanto à obsolescência programada e a responsabilidade do produtor de fornecer produtos que tenham um ciclo de vida mais longo e sejam feitos de materiais recicláveis.

Entretanto, não é apenas a responsabilidade do produtor pela recuperação e reciclagem dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos, ao final de sua vida útil, que é enfatizada. O texto aprovado estende essa responsabilidade para os outros atores dessa cadeia garantindo que todos são responsáveis, como deixa claro o texto abaixo:

A presente diretiva tem por objetivo contribuir para uma produção e um consumo sustentáveis mediante, prioritariamente, a prevenção de REEEs e, adicionalmente, através da reutilização, reciclagem e outras formas de valorização desses resíduos, de modo a reduzir a quantidade de resíduos a eliminar e a contribuir para a utilização eficiente dos recursos e a recuperação de matérias-primas secundárias valiosas. Procura igualmente melhorar o desempenho ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida dos EEEs, **nomeadamente produtores, distribuidores e consumidores, e, em especial, os operadores diretamente envolvidos na coleta e tratamento de REEEs**. Em especial, a aplicação nacional divergente do princípio da responsabilidade do produtor pode levar a disparidades substanciais nos encargos financeiros que recaem sobre os operadores económicos. A existência de diferentes políticas nacionais em matéria de gestão dos REEEs prejudica a eficácia das políticas de reciclagem. Por esse motivo, deverão ser estabelecidos os critérios essenciais ao nível da União e deverão ser desenvolvidas normas mínimas relativas ao tratamento de REEEs. (Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho, 2012)

Estas medidas adotadas pela C.E vêm influenciando profundamente países desenvolvidos, tanto no sentido econômico, como no político. Entre esses destacam-se os EUA e o Canadá. E também os países em desenvolvimento como o Bloco dos Países Asiáticos que se destaca por ser o maior produtor de componentes para a indústria eletrônica. Paquistão, Índia e África, incluindo a China têm sido os destinos de grande parte da sucata proveniente desses produtos ao final de sua vida útil.

3.2 Estratégias de Gestão de REEEs na EU

De acordo com a Resolução de 24 de Fevereiro de 1997, o Conselho do Parlamento Europeu, determinou que a Comissão das Comunidades Europeias elaborasse propostas voltadas à gestão dos REEEs.

Esta elaborou uma compilação de variados estudos científicos sobre os impactos dos métodos até então existentes somente para a gestão dos REEEs e das estimativas de geração, realizados em diferentes Estados-membros, que serviam de base para a formulação das propostas de políticas (CCE, 2000).

Com base nestas estimativas e estudos pode-se formular uma possível Gestão específicas e adequada de Resíduos de Informática. Devido ao crescimento vertiginoso de resíduos gerado causando impactos ambientais desastrosos e efeitos nocivos na saúde humana. Tudo isto, consequência de processo de reciclagem,

incineração e disposição final dos equipamentos na sua fase pós-consumo. Os principais aspectos considerados foram:

- a) A utilização massiva de recursos naturais não renováveis como, os diversos tipos de metais incluindo preciosos e raros, derivados de petróleo e sílica;
- b) O alto consumo de energia resulta da soma da energia de extração, transporte, beneficiamento de recursos e da energia durante a fase de consumo;
- c) A utilização de substâncias tóxicas como o cádmio, mercúrio, chumbo, berílio, retardantes de chama bromados;
- d) A complexidade dos produtos devido á utilização de grande diversidade de materiais em pequenas quantidades, a dificuldade de desmontagem e separação dos mesmos que reduzem as possibilidades de valorização econômica dos materiais componentes;
- e) E os diversos problemas ambientais, causados por formas inadequadas de reciclagem, tratamento e disposição final desses produtos (CCE, 2000).

Ao se discutir sobre as políticas e economias que envolvem a produção, consumo e descarte dos produtos Eletro-Eletrônicos é inevitável que ocorra uma junção entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. As atividades de extração, produção e de alto consumo energético são preferencialmente transferidas para os países em desenvolvimento, em função dos baixos custos salariais, ausência ou debilidade de legislações ambientais e trabalhistas, incentivos por parte dos governos e dos fabricantes. O mesmo tem ocorrido com a destinação dos resíduos produzidos nos processos produtivos e no pós-consumo.

De acordo com (Luízio, 2004), alguns países europeus já possuíam Sistemas de Gestão de REEEs anteriores à Directiva 2002/96/CE, mas, a partir da sua entrada em vigor tiveram que efetuar algumas adaptações. A tabela 11 mostra a relação dos países desenvolvidos com os seus respectivos sistemas de gestão que apresentam semelhanças e diferenças.

Tabela 11 - Sistemas de Gestão Similar de REEEs na Europa

Países	Sistemas
Alemanha	<p>O grupo de trabalho dos estados federais (LAGA), na Alemanha criou a Diretiva EAG em novembro de 2000, pois é a primeira a oferecer um padrão técnico profissional amplo e benigno ao meio-ambiente para o tratamento de REEEs na Alemanha.</p> <p>A administração de resíduos na Alemanha adota o modelo “Closed substances Cycle and Waste Nagement act “(Krw-/Abfg), que entrou em vigor em 1996, estabeleceu a nova abordagem da responsabilidade de produto (product responsibility), na qual os fabricantes e comerciantes têm a obrigação de atender as metas abordadas na política de geração.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se os resíduos não podem ser evitados, devem então, ser transportados até as instalações de tratamento para reciclagem ou geração de energia. ▪ Apenas aqueles tipos de resíduos que não podem ser recuperados têm permissão para ser descartados definitivamente de uma maneira não agressiva ao meio-ambiente.
Bélgica	<p>A Recupel foi criada pelos produtores/importadores com o apoio dos Governos Regionais da Bélgica, a fim de cobrar uma taxa específica para cada tipo de equipamento, quando ocorre a compra de novos REEEs.</p> <p>Os Municípios cedem as suas infraestruturas, Centros de Coleta Municipal e Estações de Transferência Regionais, respectivamente, para a coleta e classificação dos REEEs.</p> <p>Os retalhistas têm a obrigação de coletar, gratuitamente, os REEEs proveniente de uso doméstico e não doméstico, se o consumidor proceder à compra de equipamentos, novos e diferenciar (Sistema “novo por velho”). Estes têm acesso aos Centros de Coleta Municipal e Estações de Transferências Regionais.</p> <p>Os retalhistas podem ainda enviar os REEEs diretamente para os centros de Reciclagem, desde que tenham efetuado a classificação prévia dos mesmos.</p> <p>No que cabe a financiamento, os custos de coleta até aos Centros de Coleta Municipal e Estações de Transferência Regionais são repartidos entre os produtores/importadores (Recupel) e os Municípios, são elaborados contratos que estabelecem os termos de repartição de custos, entrando em funcionamento dia 10 de julho de 2001.</p>
Espanha	<p>Na Espanha, os Resíduos de Equipamentos Elétricos Eletrônicos são coletados junto com os resíduos sólidos urbanos em aproximadamente 600 pontos de coleta, que não são distribuídos uniformemente por todo o país. Existem algumas empresas recicladoras, que não atendem à demanda e os REEEs acabam sendo aterrados ou somente os metais sofrem reciclagem.</p> <p>Com isso, os fabricantes e importadores criaram uma fundação, a ECOLEC, que realiza a gestão dos REEEs por duas formas: a instalação de empresas próprias de reciclagem ou a instalação de novas unidades de reciclagem em outros locais da Espanha.</p>
Suécia	<p>Foi criado um regulamento de coleta e disposição de REEEs, que entrou em vigor a 1º de julho de 2001, esta responsabiliza os produtores/importadores. Para que possam cumprir as suas obrigações os produtores/importadores criaram um sistema de coleta e disposição único, denominado EL-Retur, gerido pela organização sem fins lucrativos EL-Kresten e em estreita cooperação com os Municípios.</p> <p>Neste sistema os Municípios têm de assegurar a coleta gratuita de REEEs de proveniência doméstica, fornecer aos Centros de Coleta Municipal. Se tratando dos REEEs de grandes dimensões os Municípios providenciam o transporte por meio de um pagamento de uma taxa.</p>

Fonte: Adaptado Luízio, 2004.

Consoante a análise feita entre os países desenvolvidos pode-se concluir que os centros de coleta são assegurados pelos retalhistas/distribuidores e suas infraestruturas são criadas a partir da gestão dos RSU.

A tabela 12 demonstra os países com sistemas diferenciados na EU como, Suíça onde só os retalhistas/distribuidores intervêm na coleta da Dinamarca e da Holanda onde as atividades de coleta são exercidas pelos Municípios.

Tabela 12 - Sistema de Gestão de REEEs Diferentes na Europa.

Países	Sistema
Dinamarca	<p>No dia 22 de Dezembro de 1998 foi criado o regulamento n.º1067 referente à gestão de REEEs, por ordem do Ministério do Ambiente e Energia. O regulamento responsabiliza os Municípios pela coleta e disposição de REEEs de origem doméstica, comercial e industrial.</p> <p>Desta forma, os Municípios são obrigados a implementar sistemas municipais de coleta de REEEs ou a adaptar os sistemas de coleta de resíduos já existentes com a finalidade de cumprir esta tarefa.</p> <p>Os produtores/importadores não têm qualquer obrigação legal na coleta e disposição dos seus REEEs. No entanto, mediante a solicitação as autoridades locais podem coletar gratuitamente os seus REEEs ou semelhantes aos seus. Os retalhistas podem oferecer serviços de coleta aos Municípios.</p>
Holanda	<p>Sistema de coleta e disposição de REEEs em 1º Janeiro de 1999. Apresenta duas fases:</p> <p>Os produtores/importadores criaram a NVPM, o utilizador pode depositar diretamente os seus REEEs nos Centros de coleta Municipal, ou entrega-los ao retalhista no ato da compra de EEEs semelhantes. As empresas de reparação apenas têm acesso aos Centros de coleta Municipal.</p> <p>E os de Equipamentos de Informática criaram a V-ICT é semelhante ao NVMP esse se molda ao pagamento de taxas visíveis pelos utilizadores quando adquirem equipamentos novos. No entanto apresenta duas grandes diferenças como demonstrado a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Não utiliza as Estações de Transferência Regionais, ou seja, os REEEs coletados pelos retalhistas/distribuidores e pelos Centros de Coleta Municipal são diretamente enviados para o Centro de Reciclagem. ▪ São os produtores/importadores que efetivamente sustentam financeiramente o sistema, uma vez que, não são cobradas taxas aos consumidores. A repartição das despesas pelos diferentes produtores/importadores é estabelecida mediante as quotas de mercado.
Suíça	<p>No dia 14 de Janeiro de 1998 foi estabelecido o regulamento para a recolha e deposição de REEEs que se denomina ORDA.</p> <p>SWICO nesse sistema o utilizador particular pode entregar os seus REEEs gratuitamente nos retalhistas e nos Centros Oficiais de Coleta da SWICO. Pode ainda solicitar um serviço de coleta domiciliar mediante o pagamento de uma taxa, que inclui os Equipamentos informáticas e de telecomunicações, bens de consumo e equipamento de escritório.</p> <p>S.EN. S – Nesse sistema o utilizador particular ou não pode entregar os seus REEEs gratuitamente nos retalhistas e Centros Oficiais de Coleta da S.EN. S. Quando se tratam de frigoríficos e equipamentos de congelação, devido à dimensão o consumidor pode solicitar a Coleta domiciliar tendo de efetuar o pagamento de uma taxa que inclui as categorias de Aparelhos de refrigeração e frigoríficos.</p>

Fonte: Adaptado Luízio, 2004.

3.3 Países Desenvolvidos

3.3.1 América do Norte

Tanto nos EUA quanto no Canadá, a regulação em outros países ou a ameaça dela, tem provocado iniciativas voluntárias de programas baseados na Responsabilidade Ampliada do Produtor por parte dos produtores, havendo também acordos envolvendo diversos atores.

Ambos os países têm adotado a abordagem voluntária e de mercado ultra-amigável, de preferência apoiando a indústria eletrônica em “organização sem fins lucrativos” para projetar e programar programas nacionais ou regionais de reutilização e reciclagem.

No Canadá, a responsabilidade pela regulação da gestão dos resíduos sólidos urbanos é atribuída aos municípios e províncias. Com relação aos REEEs, algumas das províncias têm implementado programas voluntários de coleta e reciclagem. Ontário propôs uma legislação próxima às diretivas europeias, entretanto não há nenhum programa ou legislações nacionais (Mckerlie et al, 2006; Environment Canadá, 2003).

A Electronics Products Stewardship Canadá – EPSC, uma organização não governamental, foi formada em 2003 pelos 16 maiores produtores de EEEs, com o objetivo de apoiar as províncias no desenvolvimento de soluções, discutir regras, propostas e princípio de gestão dos REEEs.

A agência Environment Canadá, desde 2000, tem conduzido diversos estudos para apoiar e subsidiar a gestão e a elaboração de políticas. Entre estes estudos podem ser citados: estimativas de geração de resíduos das categorias de tecnologia da Informação e telecomunicações (IT e TC), compilação de estudos sobre as substâncias perigosas utilizadas nos EEEs e a realização de um “Tour” de investigação em diversas unidades de reciclagem em operação em países da União Européia.

Nos EUA, a National Electronics Product Stewardship Initiative – NESIP foi formada em 2001, é composta por 45 membros representantes de diversos setores: indústria, governo, ONGs, recicladores e revendedores. Esta organização tentou engajar o governo e os representantes da Indústria para dar algum tipo de solução

nacional para os REEEs. Segundo Sheehan e Spiegelman (2005), durou somente três anos (2001-2004) e terminou sem nenhum tipo de acordo. Sob coordenação da NESIP, alguns estados desenvolveram programas piloto voluntários em parceria com a indústria.

Vários estados nos EUA têm implementado legislações proibindo a disposição em aterro de produtos da linha branca e equipamentos contendo tubos de raios catódicos (CRT), incluindo uma taxa de eliminação paga antecipadamente pelos consumidores quando da aquisição dos aparelhos novos de acordo com, (Sheehan & Spiegelman, 2005).

O estado da Califórnia foi o primeiro a aprovar em 2003 uma lei proibindo o descarte de CRT em aterros, sob o princípio da Responsabilidade Ampliada do Produtor, e exigindo da indústria o estabelecimento de sistemas de retorno para a CRT.

Atualmente as ONGs ambientais americanas encontram-se envolvidas no debate sobre a responsabilidade do produtor e tem desempenhado um crescente papel no direcionamento da atenção pública, como a Campanha do Retorno de Computadores (campaign Takeback Computer). Esta campanha faz pressão sobre os legisladores para encontrar soluções baseadas no princípio da EPR, contrabalançando os esforços da indústria em manter os custos da gestão dos resíduos nos municípios, tanto quanto possível, (Widmer et al, 2005).

3.3.2 Japão

De acordo com Matsuto et al (2003), no Japão a lei que regula a coleta e reciclagem dos aparelhos elétricos domésticos, entrou em vigor em abril de 2001. Essa lei é a primeira no Japão a colocar em prática o princípio da Responsabilidade Ampliada do Produtor. Quatro produtos foram especificados como alvo, (TVs/monitores, refrigeradores, máquinas de lavar roupa e ar condicionado). Estes produtos foram alvo de crescimento nas taxas de reciclagem no Japão que se encontra entre 64% e 84%, dependendo do tipo de utensílio (Hester & Harrison, 2009). A partir de 2 de dezembro de 2008¹⁵, depois de uma

¹⁵ <http://www.japanfs.org/en/pages/029030>

revisão, a Lei inclui as secadoras de roupa e os televisores de cristal líquido (LCD) e de plasma.

Seus princípios fundamentais são a substituição de substâncias tóxicas, o aumento do percentual de material reciclável nos EEEs, o incentivo a reciclagem e a proibição de depósitos inadequados.

Efetivamente entrou em vigor a partir de abril de 2001 e através dela os atores passaram a ter as seguintes responsabilidades:

- Os fabricantes: devem se esforçar para minimizar o volume de resíduos domésticos gerados por aparelho, através do aumento da durabilidade; da viabilização e facilitação do reparo; da escolha de materiais na fabricação que minimizem as despesas necessárias para reciclagem.
- Os varejistas: devem prover informações suficientes sobre o produto para que o usuário estenda a utilização do mesmo pelo maior tempo possível.
- Os consumidores: devem entender o tempo de vida útil do utensílio pelo maior tempo possível. Quando acabar, devem entregar o resíduo para as pessoas preparadas para a coleta, transporte ou reciclagem, cooperando com elas no que diz respeito a taxas necessárias para manter o serviço em operação.
- O governo: deve se esforçar para promover cooperação por parte das empresas e consumidores quanto a coleta, o transporte e a reciclagem dos resíduos de eletrodomésticos, assim como a difusão dos resultados. O governo deve esforçar-se para promover a conscientização pública para coleta, transporte e reciclagem de eletrodomésticos e buscar a cooperação do público com relação a sua execução. Além disso, as autoridades locais devem tomar as medidas necessárias para promover a coleta, transporte e a reciclagem de resíduos de domicílios particulares.
- Consumidor passou a pagar uma taxa ao descartar um EEEs e retornar o produto antigo similar, se for o caso; o Estado ficou responsável pela coleta e pela logística reversa; e o produtor ficou com a responsabilidade de reciclar o EEEs recebido e dar o descarte correto para os rejeitos, inclusive neutralizando os elementos tóxicos remanescentes. (Matsuto, Jung & Tanaka, 2001)

O Japão é Campeão em produção per capita de lixo eletrônico e elaborou uma Lei que exige dos fabricantes e importadores a coleta e reciclagem de seus próprios aparelhos ou o financiamento do sistema juntamente com os consumidores. Já a Associação para Dispositivos Eletro-Eletrônicos Residenciais (AEHA - Association for Electric Home Appliances), é um grupo comercial responsável pelos produtos "órfãos" - como, por exemplo, uma TV descartado 20 anos após a data de venda e que seu fabricante já não exista mais.

3.4 Países em Desenvolvimento

Num mundo globalizado, as novas políticas do bloco europeu, interferem profundamente em toda a cadeia de suprimentos de EEEs, não somente nos países desenvolvidos. Por este motivo outros países da Ásia como a China, Hong-kong, Taiwan, grandes exportadores de componentes e produtos acabados, estão tratando de adotar rapidamente políticas voltadas aos EEEs espelhadas nas Diretivas Europeias anteriormente citadas (Hicks, 2005; Kang, 2005; Plepys, 2002; Widmer et al, 2005).

A partir de julho de 2006 todas as empresas que exportarem produtos ou componentes para qualquer um dos países membros da União Européia devem comprovar que seus produtos respeitam as restrições relativas às substâncias perigosas e também devem assumir os custos de coleta e reciclagem conforme o disposto na Diretiva WEEE.

Podem-se observar claramente os obstáculos enfrentados pelos exportadores dos países em desenvolvimento para o acesso aos mercados dos países desenvolvidos, em consequências da aplicação de normas técnicas e legislações ambientais mais rígidas que as de seus países de origem, muitas das vezes na forma de barreira ao comércio.

A aplicação na Europa das Diretivas WEEE e RoHS e seu reflexo em outros países tem desempenhado o papel de barreiras não tarifárias à entrada de empresas estrangeiras de eletrônicos.

As exportações dos eletrônicos estão sujeitas cada vez ao crescimento de padrões estritos e regulamentos técnicos, muitos inicialmente levantados de origem privada, cujos objetivos declarados são: proteger a vida e a saúde humana e animal, o ambiente, assegurar a segurança humana e a segurança nacional, promover a responsabilidade social corporativa e impedir práticas enganosas. Existe, porém uma preocupação de que as exigências do produto e processos relacionadas estejam sendo involuntariamente, ou de outra forma, usadas como barreiras técnicas ao comércio, desse modo complicando o acesso ao mercado e a entrada ao mercado dos países em desenvolvimento (Unctad, 2005).

Destacam-se algumas considerações em relação aos países em desenvolvimento constantes do relatório (Unctad, 2005).

- a) Pequenas e médias empresas devem se conformar com as exigências fixadas ou arriscarem estar sendo eliminadas da cadeia, enquanto fornecedores, sendo que para os países preocupados com a exportação é mais eficaz e custo-eficiente combinar o ajuste às exigências externas para os EEEs exportadores, com o ajuste às necessidades domésticas de gestão nacional de coleta saudável dos resíduos EEEs, que vão além da reciclagem.
- b) O setor privado está crescentemente impondo padronizações voluntárias, códigos, geralmente como sendo parte de uma responsabilidade social corporativa, mas na prática, as exigências conduzidas pelas cadeias de suprimento, é que são de fato imperativas. A expansão de todas as exigências ambientais de saúde nos mercados internacionais, em outras palavras, cadeia de suprimentos, melhor do que qualquer política de comércio é um importante veículo de expansão dessas exigências.
- c) Devido às exigências ambientais e de saúde estarem cada vez mais se transformam em parte integral da qualidade de produto em muitos mercados, é importante para os países em desenvolvimento exportadores, levarem isto em consideração a fim de colocar apropriadamente suas marcas e manter sua competitividade internacional.

Destaca-se neste contexto a importância da busca de harmonização das políticas ambientais como forma de aumentar a eficiência produtiva e gerar benefícios no que se refere ao acesso ao comércio internacional.

3.4.1 China

Na China, alguns fatores foram determinantes para o governo elaborar em 2003, sua política nacional para os REEEs, adotando o princípio da Responsabilidade Ampliada do Produtor.

Abaixo seguem de forma esclarecedora os procedimentos adotados:

1. A existência de um extenso setor informal, que opera em condições de precariedade ambiental e de saúde, e a ausência de consciência entre os coletores, recicladores e consumidores, que está dificultando sobremaneira as tentativas de desenvolvimento de sistemas adequados de reciclagem e coleta de REEEs, (Hicks et al, 2005).
2. O problema da exportação de resíduos, uma vez que a China continua sendo o destino de substancial porção destes movimentos, apesar de esforços governamentais no sentido de controlar a entrada e a reciclagem em condições precárias (Hicks et al, 2005; Tong, 2004).
3. O crescente potencial doméstico de geração de REEEs, tendo em vista o aumento crescente das vendas, devido ao processo de industrialização ocorridos a partir dos anos 90, aliado ao tamanho da população (Hicks et al, 2005; Tong, 2004).

4. O fator econômico uma vez que 25% das exportações chinesas são para a União Européia, levando à necessidade de conformidade com os padrões de um de seus mercados principais (Hicks et al, 2005).

Neste sentido, foram elaboradas duas propostas de legislações, submetidas no início de 2005 para apreciação e aprovação. Uma referente à gestão de resíduos de produtos elétricos e eletrônicos domésticos, reciclagem e disposição e outra voltada à prevenção da poluição dos produtos eletrônicos. (Hicks et al, 2005; Tong, 2004).

Segundo Tong (2004) as empresas domésticas estão relutantes com relação à aprovação dessas políticas, pois sua margem de lucro diminuiria ainda mais. Em contraste muitas empresas transnacionais instaladas na China estão promovendo seus próprios esquemas voluntários de retorno de produtos pós-consumo desde 2000, como forma de ganhar a aprovação do mercado consumidor, entre elas a Nokia, Motorola HP, Epson.

Entre as principais dificuldades (Hicks et al, 2005) apontam que na China, assim como em outros países em desenvolvimento o lixo é visto como oportunidade para geração de renda. Os proprietários dos equipamentos velhos ou quebrados esperam receber um pagamento por eles, pois são considerados recursos e isto é um sério dificultador em relação ao combate às redes informais e precárias de comércio e reciclagem de REEEs.

3.5 Países da América Latina

Nos países da América Latina, as políticas nacionais de gestão de resíduos, quando existentes, geralmente são generalistas, o que resulta em soluções globais que não promovem a gestão de determinados resíduos específicos que mereceriam atenção especial. O princípio da responsabilidade pós-consumo é utilizado somente em algumas políticas pontuais, como por exemplo, no Brasil, as que tratam de Pilhas e Baterias, de Pneumáticos e das embalagens de Agrotóxicos e mesmo quando este princípio é utilizado, não fica claramente estabelecida a responsabilidade financeira e operacional pelo gerenciamento destes resíduos.

Existe forte pressão do setor produtivo quando dos processos de formulação das Políticas de Resíduos mais amplos, no sentido da adoção da responsabilidade

pós-consumo compartilhada, na qual não ficam claras quais as responsabilidades atribuídas aos diversos atores que participam da cadeia pós-consumo, dificultando a aplicação de mecanismos de controle, favorecendo desta forma os produtores, que nunca arcam com os custos de gestão dos resíduos. Desta forma, uma vez que os governos municipais destes países geralmente são os responsáveis pela gestão dos resíduos urbanos, são os governos que acabam assumindo esses custos.

Em 29 de março de 2006, ocorreu na cidade de Curitiba, a I Reunião Extraordinária dos Ministros de Meio Ambiente do Mercosul, que resultou no Projeto de acordo sobre política do Mercosul para gestão ambiental de resíduos especiais de geração universal e responsabilidade pós-consumo. Entre outros resíduos listados no Anexo I dessa proposta de acordo estão os Eletro-Eletrônicos (Mercosul, 2006).

Destacam-se a seguir alguns pontos deste projeto de Acordo:

- Reconhecimento do Ministro de Meio Ambiente de que existe um aumento considerável de transferência de resíduos, principalmente de países desenvolvidos para os países em desenvolvimento, sendo necessária a adoção de políticas comuns em matéria de resíduos e responsabilidade pós-consumo pelos produtos.
- Consciência dos estados membros da existência de Resíduos Especiais, geralmente dispostos juntamente com os resíduos sólidos urbanos e que dado seu potencial nocivo para a saúde o meio ambiente requerem gestão e disposição diferenciada.
- Reconhecimento de que a adoção do princípio de responsabilidade pós-consumo, com atribuição de obrigações a determinados sujeitos da cadeia produtiva, se constitui em ferramenta eficaz para a implementação de uma gestão ambientalmente adequada destes resíduos. (Mercosul, 2006)

Em termos de regulamentação para os REEEs, a Argentina pode se tornar o primeiro país da América Latina e Caribe a estabelecer uma legislação para os REEEs. Em 06/03/2006 foi introduzido no Senado o Projeto de Lei 207/06, que combina em uma mesma lei as restrições de materiais encontradas na RoHS, com o critério de ecodesign e as medidas voltadas as gestão dos resíduos que constam da Diretiva europeia WEEE. De grande importância para a indústria e diferentemente das diretivas europeias é que essa lei fornecia alguma flexibilidade para os produtores no planejamento e na implementação de programa de retorno dos produtos, que seriam voluntários e integrados nos programas de gestão das municipalidades (Argentina, 2006).

No Chile, a instituição SUR Corporation de Estudios Sociales Y Educacion, com o apoio do International Development Research Centre – IDRC, ligado ao parlamento canadense e do “Instituto para La Conectividad em Las Américas” – ICA, vem conduzindo algumas iniciativas de estudos sobre REEEs, com foco nos Programas de reutilização e reciclagem de PCs na região (América Latina e Caribe – LAC).

3.6 Legislações no Brasil

No sentido de minimização dos impactos causados pelos resíduos sólidos foi realizado pelo poder público a recente Política Nacional de Resíduos Sólidos. O projeto apresentado em 1989, somente foi aprovado pelo Congresso Brasileiro em Julho de 2010 e sancionado em agosto do mesmo ano.

Na visão de (Guerra, 2012), a nova política favoreceu uma dimensão relevante quanto à distribuição das responsabilidades, quanto ao ciclo de vida dos produtos, entre diversos atores: cidadãos, setor empresarial e o poder público.

As condições necessárias para o seu sucesso não foram todas estabelecidas na Lei. E por isso estão sendo estruturadas através da regulamentação por decretos federais, resoluções do CONAMA e planos de gestão.

A PNRS é a política pública que reúne um conjunto de princípios, metas e ações desenvolvidas pelo Governo Federal por si próprio ou mediante o regime de cooperação com os Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

De um modo geral, há um estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e de consumo de bens e serviços, sendo definidos no seu art. 3º, inciso XIII, como produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das futuras gerações.

Essa lei incentiva os fabricantes a adotarem procedimentos adequados à produção de produtos não agressivos ao ambiente e à saúde humana e à destinação final ambientalmente adequada de resíduos, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A PNRS alinhou vários atores: governo federal, estadual e municipal, o movimento dos catadores, o setor empresarial e também os consumidores. Consagrou como prioridade o tratamento de resíduos, focando especialmente a reutilização e a reciclagem, antes da disposição em aterros.

Em termos práticos, entre os objetivos principais da Política estão a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamentos dos resíduos; disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; racionalização do uso dos recursos naturais no processo de produção dos novos produtos; o aumento da reciclagem; intensificação de ações de educação ambiental; promoção da inclusão social e a geração de emprego e renda para catadores de materiais recicláveis.

A lei também diferencia o resíduo (aquilo que tem valor econômico e que pode ser reciclado ou reaproveitado) de rejeito (qualquer material considerado inútil depois de esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis), e trata de todo tipo de resíduo, incluindo o doméstico, o industrial, o da construção civil, à exceção dos rejeitos radioativos.

Um dos caminhos previstos na PNRS, que vai garantir ao Brasil o aumento da reciclagem, é o da coleta seletiva. O aumento da reciclagem terá também o condão de evitar que esses resíduos cheguem aos aterros sanitários, possibilitando o reaproveitamento de materiais, além de ser oportunidade de geração de trabalho e renda e de inclusão social.

Após a regulamentação, através do Decreto 7.404/2010, a política de resíduos sólidos entrou em nova fase que depende dos acordos setoriais e de uma proposta que inclua metas e regras de funcionamento para os mecanismos de redução, reciclagem, logística reversa e outros instrumentos.

A Lei dá a devida importância aos resíduos perigosos, quando prevê a obrigação da logística reversa, como no caso dos resíduos de Eletro-Eletrônicos.

Portanto, a Política Nacional, além de propiciar a uniformização das leis estaduais e municipais acerca do tema, viabilizou uma estrutura normativa federal na intenção de buscar soluções para os problemas enfrentados atualmente com a gestão dos resíduos sólidos, especialmente nos grandes centros urbanos.

Abaixo destaca-se os objetivos da PNRS (2010) :

- A prevenção e a precaução;

- O poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- Visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- O desenvolvimento sustentável;
- Eco eficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- Cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- Reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;
- Respeito às diversidades locais e regionais;
- Direito da sociedade à informação e ao controle social;
- E a razoabilidade e a proporcionalidade.

3.6.1

A responsabilidade compartilhada pós-consumo

Segundo o art. 225 da Constituição Federal, que impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente, para as presentes e futuras gerações, o legislador nacional passou a elencar e distribuir responsabilidades pela gestão, destinação e/ou coleta dos resíduos sólidos, de acordo com a participação na cadeia da geração dos mesmos.

Assim, para Loubet (2011), um ponto importante da Lei 12.305/10 foi mudança de paradigma em relação às responsabilidades pela correta destinação final dos resíduos. A questão do resíduo sólido deixa de ser responsabilidade exclusiva do poder público e passa ser compartilhada por todos os atores envolvidos no ciclo de vida dos mesmos.

A ideia central da política é fazer com que a vida útil do produto não termine após seu consumo, mas fazer com que o mesmo volte ao início de seu ciclo de vida para que seja reaproveitado como fonte de matéria prima, ou que ele seja encaminhado como rejeito para uma destinação ambientalmente adequada.

O Decreto 7.404/2010, que regulamenta a Lei 12305/10, definiu o modelo de responsabilidade compartilhada, onde fabricantes, importadores, distribuidores,

comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos são responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos. Até os consumidores são obrigados (sempre que estabelecido o sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou quando instituídos sistemas de logística reversa) a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e a disponibilizar adequadamente aqueles reutilizáveis ou recicláveis para coleta ou devolução.

Conforme Teles da Silva (2003) *apud* Loubet (2011), a responsabilidade do fabricante pela destinação final do produto não é exclusiva do Brasil e já vem sendo aplicada em outros países, como por exemplo, na França, desde 1975, em que é responsabilidade do fabricante eliminar os resíduos gerados, mesmo quando estes já não estejam mais em suas mãos.

O art. 3º da PNRS definiu, no inciso XVIII, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como o conjunto de atribuições individuais 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 os volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como reduzir impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

É de se registrar que a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem os seguintes objetivos estabelecidos pelo artigo 30:

Art. 30. ...

Parágrafo único. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

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. (Loubet, 2013).

Portanto, segundo FIESP (2012), os consumidores deverão efetuar a devolução, após o uso, aos comerciantes ou distribuidores dos produtos, das embalagens e de outros produtos ou embalagens que sejam objeto de logística reversa. Os comerciantes e distribuidores deverão efetuar a devolução, aos fabricantes ou aos importadores, dos produtos e embalagens. Já os fabricantes e importadores deverão dar a destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens, sendo que o rejeito deverá ser encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão competente do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e, se houver, pelo Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

A Lei da PNRS foi omissa em relação à responsabilidade dos produtos órfãos. Contudo, a União Europeia recentemente publicou uma nova diretiva dando uma solução local ao tema. De acordo com a nova diretiva, que teve seu texto aprovado em 19/01/2012, cada produtor, ao colocar um produto no mercado, deverá prestar uma garantia financeira a fim de evitar que os custos da gestão de REEEs provenientes de produtos órfãos recaiam sobre a sociedade ou sobre os produtores. Fazendo uma analogia com outras normas brasileiras já estabelecidas na área ambiental, a nova diretiva europeia provavelmente servirá como texto base para uma nova norma brasileira.

3.6.2 Principais punições aos responsáveis pela disposição inadequada dos REEEs

Para Guerra (2012), a responsabilidade pelos danos causados no meio ambiente, no Brasil, atualmente tem *status* privilegiado, isso porque a matéria recebeu sua devida relevância na Constituição de 88. O art. 225, no seu § 3º, dispôs o seguinte: "As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas independentemente da obrigação de reparar os danos".

Em relação à responsabilidade administrativa, a Lei 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais), prevê no art. 70, que "é considerado infração administrativa

ambiental toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente”.

O Decreto 7.404/2010 acrescentou ao Decreto 6.514/2008 um extenso rol de infrações referentes à temática dos resíduos sólidos e prevendo penas de multa, que poderão ser aplicadas após laudo de constatação; advertência aos consumidores que descumprirem as respectivas obrigações previstas nos sistemas de logística reversa e de coleta seletiva; neste último caso, se houver reincidência, o consumidor poderá receber a penalidade de multa, no valor R\$50,00(cinquenta reais) a R\$500,00 (quinhentos reais). No entanto, esta multa poderá ainda ser convertida em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente.

Ainda, o art. 71-A do Decreto 6.514/2008 prevê que no caso de importação de resíduos sólidos perigosos e rejeitos, bem como os resíduos sólidos cujas características causem dano ao meio ambiente, à saúde pública e animal e à sanidade vegetal, ainda que para tratamento, reforma, reuso e reutilização ou recuperação, será aplicada multa de R\$500,00 (quinhentos reais) a R\$10.000.000,00 (dez milhões de reais).

Assim, conforme Guerra (2012), as modificações trazidas pelo regulamento da Lei da PNRS, evidenciaram os efeitos sobre todos os atores submetidos à Lei 12.305/2010, especialmente os geradores, o setor empresarial e os consumidores, aos quais foram atribuídas diversas responsabilidades.

A respeito da responsabilidade dos geradores Granziera apud Guerra (2012), aponta que em matéria dos resíduos sólidos, vigora um princípio “segundo o qual o gerador de resíduos é responsável por eles do berço ao túmulo, isto é, a responsabilidade do gerador de resíduos não se encerra nem com a disposição final, nem com a entrega do resíduo ao transportador, mesmo que o contrato possua cláusula específica sobre a transferência de responsabilidade, para que este transporte os resíduos até o local de sua disposição final”.

No que tange aos empreendimentos empresariais, estes responderão civilmente pelo gerenciamento inadequado dos respectivos resíduos ou rejeitos, na forma do art. 27, § 1º da Lei 12.305/2010. No que tange aos consumidores, cabe a responsabilidade administrativa de advertência em decorrência do descumprimento das obrigações previstas nos sistemas de logística reversa e coleta seletiva.

No caso de descumprimento na obrigação prevista no sistema de logística reversa a Lei 12305 prevê multa de R\$5000,00 (cinco mil reais) a R\$50000000,00 (cinquenta milhões de reais)

Finalmente, cabe ao poder público atuar como coadjuvante, como mero fiscal das responsabilidades dos geradores, conforme o disposto no art. 29 da Lei 12.305/2010.

No tocante aos crimes ambientais relacionados aos resíduos, de acordo com os artigos 54 da Lei 9.605/98, as penas podem variar de um a cinco anos se o crime ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos e nos casos do infrator deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível.

Em relação aos produtos perigosos ou substâncias tóxicas, segundo o artigo 56 da Lei dos Crimes Ambientais, as penas serão de um a quatro anos e multa quando o infrator produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos; houver o abandono dos respectivos produtos ou substâncias ou os utiliza em desacordo com as normas ambientais ou de segurança; o infrator acondiciona, armazena, coleta, transporta, reutiliza, recicla ou dá destinação final a resíduos perigosos de forma diversa da estabelecida em lei ou regulamento.

3.6.3 Aspectos tributários

A questão tributária é um dos grandes desafios para a complementação da PNRS. Embora a Lei da PNRS e seu Decreto Regulamentador tenham como instrumentos para a Política os incentivos fiscais, financeiros e creditícios, a falta de incentivos governamentais à atividade de comércio de sucatas e reciclagem tem sido um obstáculo a um crescimento mais acentuado do setor. Na verdade, antes de falar em incentivos é necessário eliminar os “desincentivos” e dúvidas, que não são poucos na esfera tributária, a nível federal, estadual e mesmo municipal.

Segundo Bley Jr¹⁶, para o transporte intraestadual, o ICMS das sucatas é diferido, mas no transbordo entre fronteiras estaduais, incide plenamente. O IPI, imposto federal é diferenciado para alguns casos, mas volta a incidir sobre as sucatas, principalmente se elas forem pré-industrializadas, como na forma de flakes de plásticos, lingotes de alumínio, pastas mecânicas de papel e assim por diante. E os impostos municipais ISS, incidem sobre todas as atividades, a cada movimentação registrada em notas fiscais.

O autor ainda propõe uma justiça fiscal, de modo a isentar de impostos os materiais recicláveis obtidos no lixo ou em programas de coleta seletiva, em todos os estágios necessários para que cheguem à indústria da reciclagem, sem estarem onerados. Ele justifica que assim, as indústrias, além de poderem se fortalecer, iriam praticar preços mais estimulantes para os demais agentes da logística reversa e os índices de reciclagem brasileiros aumentariam ao mesmo tempo em que as despesas públicas com a gestão dos lixos se reduziriam.

3.6.4 Resolução CONAMA

A Resolução CONAMA 257/1999 – levou em conta a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final. A resolução determinava que as mesmas deveriam ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotassem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

No entanto, a norma acima foi revogada pela Resolução 401/2008, que 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.

¹⁶ Fonte: <http://www.reciclaeis.com.br/cicero.htm>.

Os estabelecimentos que comercializam pilhas e baterias portáteis, as baterias chumbo-ácido, automotivas e industriais e das pilhas e baterias dos sistemas eletroquímicos níquel-cádmio e óxido de mercúrio, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, deverão receber dos usuários as pilhas e baterias usadas, respeitando o mesmo princípio ativo, sendo facultativa a recepção de outras marcas, para repasse aos respectivos fabricantes ou importadores.

Nos materiais publicitários e nas embalagens de pilhas e baterias, fabricadas no País ou importadas, deverão constar a simbologia indicativa da destinação adequada, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem encaminhadas aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada.

Em junho de 2008, somente dez estados do Brasil possuíam política estadual de resíduos sólidos; e em nenhuma dessas Políticas há referência direta aos REEEs conforme abordado na tabela 13.

Tabela 13 - Análise da abordagem de REEEs nas Políticas de Resíduos Sólidos de dez estados Brasileiros

Estado	Lei	Comentário
Rio Grande do sul	Lei 9.921 de 27/07/1993	Extremamente simples. Não aborda REEEs.
Paraná	Lei 12.493 de 22/01/1999	Aborda a responsabilidade de fabricantes, importadores e comerciantes de pneus e agrotóxicos. Aborda resíduos Radioativos. Não aborda REEEs
Mato Grosso do Sul	Lei 2.080 de 13/01/2000	Aborda a responsabilidade de fabricante, importadores e comerciantes de pneus e agrotóxicos. Aborda resíduos radioativos. Não aborda REEEs.
Ceará	Lei 13.103 de 24/01/2001	Adota o Princípio do Poluidor Pagador (PPP); responsabilidade pós-consumo do fabricante ou importador pelos produtos e respectivas embalagens ofertadas ao consumidor final. Classificam pilhas, baterias e assemelhados; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, vapor de mercúrio e luz mista como resíduos especiais. Responsabiliza fabricante e

		importadores de resíduos classificados como especiais sobre seu gerenciamento. Não aborda outros tipos de REEEs.
Pernambuco	Lei 12.008 de 01/06/2001	Estabelece a responsabilidade pós-consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados; responsabiliza os fabricantes e importadores de produtos classificados como especiais sobre o seu gerenciamento. No entanto não especifica o que são resíduos especiais. Não aborda REEEs.
Goiás	Lei 14.248 de 29/07/2002	Estabelece a responsabilidade pós-consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados. Classificam pilhas, baterias e assemelhados; lâmpadas fluorescentes, importadores de vapor de mercúrio, vapor de sódio e luz mista; disquete e CD-ROM's como resíduos especiais e responsabilizam os fabricantes, importadores e representantes pelo seu gerenciamento. Não aborda outros tipos de REEEs.
Minas Gerais	PL 1.269 de 16/06/2007	Estabelece a responsabilidade sócio-ambiental compartilhada entre poder público, produtor, transportadores, distribuidores, consumidores e geradores no fluxo RS. Define RS especiais e RS pós-consumo, mas não específico. Adota PPP. Não aborda o REEEs.
Santa Catarina	Lei 13.557 de 17/11/2005	Estabelece a responsabilidade pós-consumo do fabricante ou importador pelos produtos e respectivas embalagens ofertadas ao consumidor final. Define resíduos especiais não especifica não especifica. Adota o PPP. Não aborda REEEs.
São Paulo	Lei 12.300 de 16/02/2006	Adota o PPP. Estabelecem a responsabilidade pós-consumo do fabricante ou importador pelos produtos respectivos embalagens ofertadas ao consumidor final. Não aborda REEEs.
Rio de	Lei 4.191 de 30/09/2003	Estabelece a responsabilidade pós-consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados, incentiva a

Janeiro	Lei 4.969 de 03/12/2008	<p>prática e implantação de selos verdes por produtores e seus produtos. Não define conceito de resíduos adotados pela Lei. Não aborda REEEs.</p> <p>Estabelece as pilhas, baterias e lâmpadas, após seu uso ou esgotamento energético, são considerados resíduos potencialmente perigosos à saúde e ao meio ambiente, devendo a sua coleta, seu recolhimento e seu destino final observar o estabelecimento nesta lei. Estende-se o disposto nesta Seção aos produtos Eletro-Eletrônicos que, possuindo ou não pilhas ou baterias em sua estrutura, contenham metais ou outras substâncias tóxicas. Aborda em parte as substâncias dos REEEs.</p>
---------	-------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: CE, 2001; GO, 2002; MG, 2007; MGS, 2000; PE, 2001; PR, 1999; RGS, 1993; RJ 2003, 2010; SC, 2005; SP, 2006.

3.7 Análise dos Sistemas

Ao considerar todos os sistemas analisados e estudados no trabalho, pode-se notar que a destinação adequada inclui uma série de procedimentos ambientalmente adequados, como: segregação, coleta, transporte, recebimento, armazenamento, manuseio, reciclagem, reutilização, tratamento e, por fim, disposição adequada. Como sugestão de gestão e gerenciamento para o Município do Rio de Janeiro, deve-se priorizar:

- Não geração
- Redução
- Reutilização
- Reciclagem
- Tratamento dos REEEs, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeito.

As atividades citadas acima devem ser executadas em consonância com a legislação ambiental e as normas de saúde e segurança pública, respeitando-se as vedações e restrições estabelecidas pelos órgãos públicos competentes.

3.8 Ferramentas de valorização ambiental dos REEEs

A fim de que ocorra a valorização do produto pós-consumo, é necessário o surgimento de alguma diretriz na sua concepção para que essa possa ser analisada como a matéria-prima a ser usada. Logo, o impacto desta no meio ambiente; seu potencial de reciclabilidade e toxicidade; potencial de descaracterização do produto, ou seja, se o produto é fácil de ser desmontado; sua vida útil, entre outros fatores tornam esse produto menos impactante para o ambiente.

Desse modo, ferramentas como o eco design¹⁷, análise do ciclo de vida, logística reversa e responsabilidade estendida do produtor foram desenvolvidas com o propósito de atender à necessidade de valorização dos produtos após o término da sua vida útil.

Entende-se como eco design “o projeto orientado por critérios ambientais, que engloba um conjunto de atividades com o objetivo de enfrentar os problemas ambientais, possuindo uma maneira eficaz de agir preventivamente, na fase de concepção dos produtos, de modo a evitar, ou melhor, limitar os impactos ambientais futuros ao longo de todo o ciclo de vida” (Manzini & Vezzoli, 2005).

Rodrigues (2007) apresenta vários termos para projetos orientados por critérios ambientais, entre eles Projeto Verde (Green Design), Engenharia do Ciclo de Vida (life Cycle Engineering) e Projeto Limpo (Clean Design). Todos sintetizam um conceito comum: a fabricação de produtos que visem ao menor impacto possível no meio ambiente. Nesta pesquisa adota-se o termo eco design, por ser o mais encontrado e lido na literatura brasileira.

A análise do ciclo de vida está diretamente relacionada com o eco design, uma vez que esta ferramenta analisa o produto do “berço-ao-berço”, ou seja, desde a escolha da matéria-prima, passando pelo projeto e finalizando com o destino do produto pós-consumo (isto é, tornando-se matéria-prima novamente).

Para Manzini e Vezzoli, (2005), a análise do ciclo de vida é uma metodologia usada para avaliação dos impactos ambientais associados a determinado produto ou serviço em todo o seu ciclo de vida, desde a extração da

¹⁷ Ecodesign: Integração de questões ambientais na fase de concepção, considerando o ciclo de vida completo do produto, desde a aquisição das matérias primas até seu destino final, levando em conta aspectos tanto ecológicos como econômicos. Fonte: Schischke, Hagelüken e Steffenhagen (2008).

matéria-prima virgem, passando por todos os elos de sua cadeia produtiva, transporte, distribuição, uso, manutenção, reutilização, reciclagem até eliminação.

Para que as ferramentas de eco design e análise de ciclo de vida sejam realmente eficientes, necessita-se que esse produto, ao final de sua vida útil, tenha um destino adequado. Portanto, ele deve ser incluído novamente no ciclo produtivo a fim de que obtenha sua valorização. Nesse momento entra um novo fator relevante: a ferramenta da logística reversa, (Leite, 2003).

“A área da logística empresarial é aquela 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, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros” (Leite, 2003).

A logística reversa é importante no contexto da gestão de resíduos, conforme (Guarnieri, 2011), pois gera retorno econômico e contribui para a sustentabilidade do planeta, principalmente quando é considerado que após o processo logístico direto, são gerados diversos resíduos, tanto de bens no final de sua vida útil, como também bens sem ou com pouco uso.

De acordo com (Leite, 2011), muitas empresas já realizavam os processos de reaproveitamento dos produtos por meio da reciclagem, reuso, desmanche e remanufatura no retorno de papéis, metais, plásticos, mesmo os eletrônicos e os eletrodomésticos. O Council of Logistics Management - CLM (1993) *apud* Leite (2011) define a logística reversa como:

“O processo de planejamento, implantação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem, com o propósito de recapturar o valor ou destiná-lo à sua apropriada disposição”.

De Brito & Dekker (2002) *apud* Leite (2011), veem a logística reversa como uma forma de obtenção de lucro, direta e indiretamente, por meio do reaproveitamento de componentes, materiais constituintes ou de ganho de imagem, de diferentes formas. Ressaltam que em razão da maior atenção dada à preocupação com o meio ambiente, as empresas estão adquirindo uma nova visão de marketing social, ambiental e, principalmente, de responsabilidade empresarial,

por terem consciência que, mesmo involuntariamente, acabam poluindo e causando danos ambientais.

Nota-se que no conceito dado por (Leite, 2003) o retorno dos bens/produtos pode ocorrer de duas formas. A primeira, pós-venda, que são os produtos devolvidos logo após a venda ao fabricante, por defeitos ou falhas de funcionamento, avarias no transporte, entre outros. Esses produtos são classificados como sem uso ou com pouco uso, os quais retornam aos diferentes elos da sua cadeia de distribuição. A segunda forma de retorno dos produtos é denominada de pós-consumo, que corresponde aos produtos descartados pela sociedade em geral, após o término de sua vida útil.

A figura 7 demonstra o processo desses produtos de pós-consumo que pode originar de bens duráveis ou descartáveis e assim, fluir por canais reversos de reuso passando pelo desmanche e reciclagem até a sua destinação final.

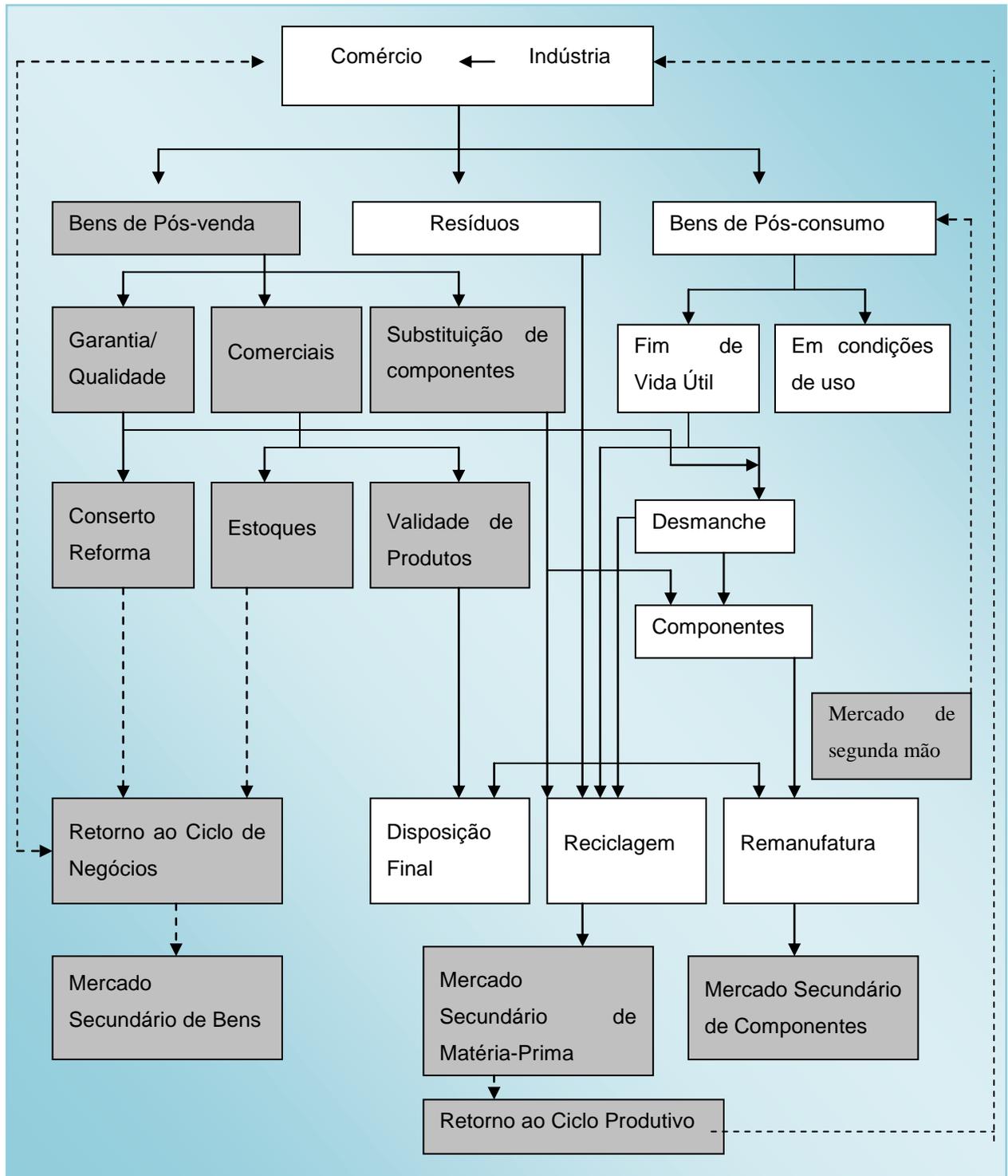


Figura 7 - Logística Reversa.
Fonte: Leite, 2003.

A responsabilidade estendida do produtor (REP, Extended Producer Responsibility-EPR) define-se com a ideia de que a cadeia industrial produtora ou o próprio produtor, que de certa forma agride o meio ambiente, deve ser

responsabilizado pelo seu produto até que ocorra a decisão correta do seu destino após o uso original (Leite, 2003).

O conceito de REP foi definido primeiramente por Thomas Lindhqvist, em 1992, para descrever uma política, então, emergente na Europa, como a extensão da responsabilidade dos produtores para os impactos ambientais dos seus produtos para todo o ciclo de vida do produto e, especialmente, para a sua garantia de retorno, reciclagem e eliminação (Khetriwal et, al, 2007).

Atualmente, o termo tem sido usado principalmente para descrever a responsabilidade dos produtos “pós-consumo”, ou seja, depois que os produtos fossem devolvidos no final da sua vida útil. Como tal, a REP transfere a responsabilidade de materiais descartados que de outra forma seriam geridos pelo governo local e pelos consumidores para a indústria privada, integrando, assim, aos custos do produto a eliminação ou a reciclagem do mesmo (Khetriwal et, al 2007).

A Diretiva 2002/96/CE considera o EPR como princípio básico de gestão dos Resíduos dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos, bem como responsabiliza esses produtores sobre os resíduos órfãos, ou seja, aqueles produzidos no passado ou por empresas que já não estão mais no mercado, definindo no seu item 20 responsabilidade do Produtor.

Os consumidores de Equipamentos Eletro-Eletrônicos do setor de eletrodomésticos devem ter a possibilidade de entregar os Resíduos dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos pelo menos sem encargos. Os produtores devem, por conseguinte, financiar a coleta nos postos de entrega assim como o tratamento, valorização e eliminação dos resíduos desses equipamentos.

A fim de dar ao conceito de responsabilidade dos produtores o maior efeito, cada produtor deve ser responsável pelo financiamento da gestão dos resíduos provenientes dos seus próprios produtos. Estes podem optar por cumprir esta obrigação, que ainda individualmente adere a um regime coletivo. Cada produtor, ao colocar seu produto no mercado, deverá prestar uma garantia financeira a fim de evitar que os custos da gestão dos Resíduos dos Equipamentos Eletro-Eletrônicos provenientes de produtos órfãos (históricos) recaiam sobre a sociedade ou sobre os produtores remanescentes (Parlamento Europeu, 2003).

4 Computadores e seus Equipamentos

4.1 Introdução

Neste capítulo são apresentadas as resoluções encontradas sobre os estudos dos computadores e seus equipamentos.

Inicia-se com uma breve apresentação de dados históricos envolvendo o surgimento dos computadores no Brasil. Em sequência, discorre-se sobre, a composição desses equipamentos e o seu fluxo de venda assim como a adequada destinação para esses tipos de resíduos.

4.1.1 Dados Históricos

Desde a antiguidade, o homem veio desenvolvendo instrumentos que auxiliasse os seus cálculos. O primeiro foi o Ábaco, inventado na China. Em 1642, o francês Blaise Pascal desenvolveu uma máquina de somar e subtrair constituída por um determinado número de rodas dentadas que, ao rodar dez dentes na coluna das unidades, avançava um dente na coluna das dezenas, e assim sucessivamente, (Museu do Computador, 2011¹⁸).

Em 1694, o matemático alemão Gottfried Von Leibniz construía uma calculadora que podia executar quatro operações básicas, além da raiz quadrada.

¹⁸Museu do Computador foi idealizado pelo curador José Carlos Valle que tem ampla experiência com a informática desde a década de 60. Valle como é conhecido começou a se interessar por calculadoras mecânicas na década de 60 e trabalhou na manutenção de várias marcas de calculadoras na mesma década. Na década de 70 trabalhou na Philips e Ecodata com diversos computadores. Na década de 80 em 1982 abriu a primeira empresa especializada na manutenção de computadores no Brasil a Dataroad. Seguiu até os anos 90 quando a Dataroad fechou com o "boom" dos pc's no Brasil. Já na década de 90 abriu a primeira empresa de manutenção de notebooks em 1992 a 3 Tech que funcionou até 1997 e a partir daí o Museu do Computador começa a nascer. Quando estava na feira de computadores Comdex de 1998 percebeu que a memória estava sendo perdida, tudo que ele havia vivenciado no passado não estava sendo preservado foi então que teve a ideia de montar o Museu do Computador. <<http://www.museudocomputador.com.br/omuseu.html>>.

A máquina de Leibniz utilizava cilindros com diferentes comprimentos, sendo ajustadas por cima deles outras engrenagens menores.

Em 1822, o matemático inglês Charles Babbage estabelecia os princípios do funcionamento dos computadores eletrônicos no projeto da sua máquina diferencial, capaz de fazer os cálculos necessários para elaborar uma tabela de logaritmos.

Em 1933 apresentou outro projeto, a máquina analítica, que pode ser considerada a primeira máquina programável. Segundo o projeto, a máquina disporia de uma memória capaz de armazenar mil números de 50 algarismos, utilizaria funções auxiliares que constituiriam sua própria biblioteca, compararia números e agiria de acordo com o resultado da comparação; em suma, sua estrutura era muito parecida com a dos primeiros computadores eletrônicos (Museu do Computador, 2011).

Durante a segunda guerra mundial elaboraram-se projetos para a construção de computadores, visto que a maioria das descobertas tecnológicas foi destinada a fins militares. A Alemanha e os EUA corriam contra o tempo, pois precisavam dos computadores para codificar e decodificar as mensagens durante as operações militares. Em 1946 surgiu o Eniac, o primeiro computador eletromecânico, de gigantescas dimensões. Funcionava à base de válvulas a vácuo e armazenava dados através de cartão perfurado.

A invenção dos transistores na década de 50 eliminou as válvulas reduzindo bastante o tamanho das máquinas. As primeiras linguagens de programação também apareceram neste período.

No decorrer dos tempos novas evoluções apareceram: a multiprogramação, memória através de semicondutores e discos magnéticos e surgiram os microprocessadores, reduzindo novamente o tamanho das máquinas. Também foram criadas: a teleinformática, a Internet, a inteligência artificial, entre outras novidades.

Em 1945 surgiu, na Universidade da Pensilvânia, o primeiro computador eletrônico, o Eniac-Electrical Numerical Integrator and Calculator. Com mais de 18 mil válvulas e pesando cerca de 30 toneladas, dispendia o equivalente a 200 quilowatts de calor. Sua manutenção era complexa. Ele esquentava muito rapidamente exigindo custosos sistemas de refrigeração. As válvulas começavam a queimar em dois minutos depois de o Eniac ser ligado, o que fez com que, em

1952, mais de 19 mil válvulas tivessem sido substituídas. Os outros problemas do Eniac eram a capacidade de memória e a confiabilidade. Em 1952, a Universidade da Pensilvânia desenvolvia um segundo computador. Mais poderoso que o Eniac usava apenas 3.500 válvulas. (Museu do Computador, 2011).

Em 1972, ocorreu o lançamento do microprocessador Intel 8008 da Hewlett-Packard. A HP anunciou a HP-35 como “a mais rápida e precisa calculadora eletrônica” com uma memória solid-state similar à de um computador. Steve Wozniak construiu o “Blue Box” um gerador de tom para realizar atendimentos de telefone. Nolan Bushnell introduziu Pong e sua nova companhia a Atari vídeo games.

Todo esse trabalho resultou nos computadores que hoje são utilizados e que daqui a alguns anos serão tão antigos, tão grandes, e tão antiquados quanto os primeiros, (Museu do Computador, 2011).

4.1.2 História dos computadores no Brasil

A informática brasileira desenvolveu-se em duas etapas. A primeira, de 1958 até 1975, caracterizada pela importação de tecnologia de países com o capitalismo avançado, principalmente dos Estados Unidos. O processo eletrônico de dados era realizado basicamente em computadores de grande porte, localizados em grandes empresas e universidades, bem como em órgãos governamentais e agências de serviços.

Não havia fabricantes nacionais, embora, já na década de 70, o volume de vendas justificava a instalação das primeiras montadoras multinacionais no Brasil. Lentamente, porém, começou-se a desenvolver uma competência tecnológica nacional, a partir do trabalho de algumas universidades como a Universidade de São Paulo (USP), a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Em 1972, foi construído na USP o “Patinho Feio”, o primeiro computador nacional, seguido, em 1974, do projeto G-10, na USP e na PUC do Rio de Janeiro, incentivado pela Marinha de Guerra, que necessitava de equipamentos para seu programa de nacionalização eletrônica de bordo.

O interesse de vários segmentos da sociedade brasileira, notadamente, os militares e os meios científicos, buscando atingir melhor independência

tecnológica para a informática brasileira, levaram à criação em 1972, da Capri (Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico), com o objetivo de propor uma política governamental de desenvolvimento do setor. Em 1974, foi criada a primeira empresa brasileira de fabricação de computadores, a Cobra (Computadores Brasileiros S.A), isto é, uma estatal que recebeu a missão de transformar o G-10 em um produto nacional.

A segunda etapa do desenvolvimento da informática brasileira caracterizou-se pelo crescimento de uma indústria nacional. Iniciou-se em 1976, com a reestruturação da Capri e a criação de uma reserva de mercado na faixa de minicomputadores, para empresas nacionais, além da instituição do controle das importações. Os primeiros minicomputadores nacionais, inicialmente utilizando tecnologia estrangeira, passaram a ser fabricados por cinco empresas autorizadas pelo Governo Federal, (Museu do Computador, 2011).

A partir de 1979, a intervenção governamental no setor foi intensificada com a extensão de reserva de mercado para microcomputadores e com a criação da SEI (Secretaria Especial de Informática), ligada ao Conselho de Segurança Nacional, que é desde então, o órgão superior de orientação, planejamento, supervisão e fiscalização do setor.

Em 1988 foi sancionada a lei nº7232 Federal, que fixou a Política Nacional de Informática e com a qual se oficializou a reserva para alguns segmentos do mercado, inclusive software, com duração limitada de oito anos. Com tais mecanismos de fomento, a informática nacional chegou a atingir taxas de crescimento de 30% ao ano em meados da década de oitenta. O país alcançou em 1986, a sexta posição no mercado mundial da informática, sendo o quinto maior fabricante; além do Japão e dos EUA, que é o único país capaz de suprir mais de 80% de seu mercado interno.

A mais recente etapa do desenvolvimento da informática do Brasil teve início em 1990, com uma série de modificações introduzidas na PNI, com o intuito de adequá-la às políticas econômicas ditas “liberalizadas” de maior abertura ao mercado externo, postas em prática pelo governo Collor.

Estas medidas de “flexibilização”, como foram chamadas, procuraram atender às reclamações oriundas de diversos setores industriais que protestavam contra o atraso tecnológico brasileiro e contra os altos preços provocados pela reserva; e que procuravam atender também aos interesses dos países

desenvolvidos que chegaram a estabelecer sanções comerciais temporárias contra o Brasil, em virtude da falta de abertura do mercado nacional para concorrência comercial do exterior. Aqueles países exigiam também o fim do que consideravam violações de seus direitos tecnológicos, como a prática indiscriminada da cópia ilegal de equipamentos e de software.

Embora os setores protegidos pela PNI não tivessem sido desmontados, e a própria lei estabelecesse um prazo máximo de vigência, ocorreram abrandamentos nos dispositivos legais que regiam as importações de software e hardware, a taxa aduaneira, a limitação de quotas de importação de insumos industriais, pagamento de conta de tecnologia, a formação de jointventures com empresas estrangeiras, a fixação de similaridades. A SEI foi extinta, e a atribuição de dirigir a política no setor, embora ainda vinculado ao Conim, passou na prática para o âmbito da Secretaria Especial de Ciência e Tecnologia. (Museu do Computador, 2011).

4.2 Composição

Os computadores pessoais, bem como os computadores portáteis conhecidos como laptops e notebooks, são constituídos por:

- **Unidade central de processamento (CPU):** Gabinete e todos os seus componentes como placa de circuito impresso, placa-mãe, chips, capacitadores, conectores, discos drives, transformadores, fios e cabos de alimentação.
- **Monitor:** Tubo de raio catódico ou tela plana (LCD), circuito e fios, cabos para CPU e cabos de alimentação.
- **Impressoras:** Cartuchos de tinta ou toner, fios, cabos para CPU e cabos de alimentação.
- **Dispositivos periféricos:** teclados e mouse, scanner, cd, web câmera, alto-falante, etc.

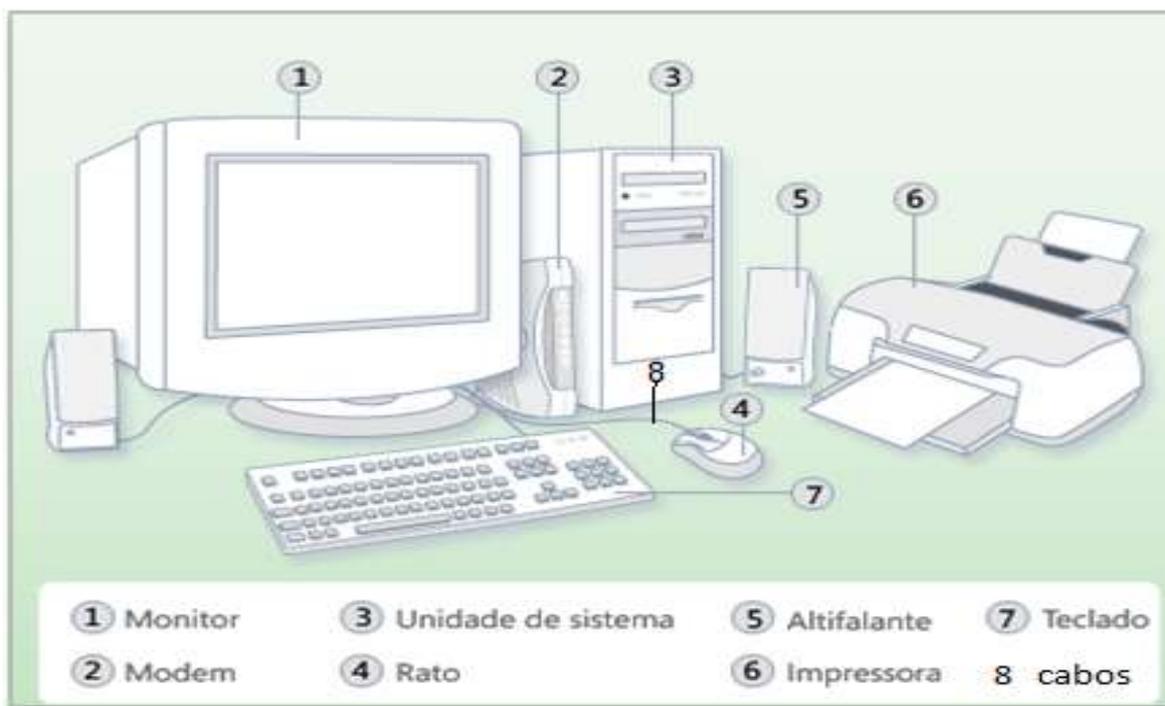


Figura 8 - Resíduos de Equipamentos de Informática.
 Fonte: www.windowsmicrosoft.com.

A figura 8 mostra um sistema de computador que consiste em vários componentes que trabalham em conjunto. Os componentes físicos, que se pode ver e tocar, são coletivamente chamados de hardware. Software se refere às instruções ou programas que comandam o hardware.

A vida útil dos computadores é muito curta, não sendo aproveitada toda sua capacidade pelos usuários, se tornando obsoletos pelos consumidores, por desejarem máquinas com maior potencial de inovação.

A tabela 14 apresenta os principais materiais utilizados na fabricação de computadores, demonstrando o seu percentual em relação ao peso total, além de percentual reciclável, sendo representados os principais pontos de localização destes materiais nos computadores e seus periféricos.

Tabela 14 - Composição de um computador e índice de materiais recicláveis

Material	%em relação ao peso total	% reciclável	Localização
Alumínio	14, 172	80	Circuito integrado, solda, bateria.
Chumbo	6, 298	5	Circuito integrado, soldas, bateria.
Ferro	20, 471	80	Estrutura, encaixes
Estanho	1, 007	70	Circuito integrado
Cobre	6, 928	90	Condutivo
Bário	0, 031	0	Válvula eletrônica

Níquel	0, 850	80	Estrutura, encaixes
Zinco	2, 204	60	Bateria
Berílio	0, 015	0	Condutivo térmico, conectores.
Ouro	0, 016	99	Conexão, condutivo
Manganês	0, 031	0	Estrutura encaixe
Prata	0, 018	98	Condutivo
Cromo	0, 006	0	Gabinetes
Cádmio	0, 0094	0	Gabinetes, PCI, TRC.
Merúrio	0, 002	0	Baterias, ligamentos termostatos, sensores ligamentos, termostatos, sensores.
Silica	24, 880	0	Vidro

Fonte: Microelectronics and Computer Technology Corporation, 2000.

4.3 Computadores e periféricos em países emergentes

Um estudo realizado pelo Programa da ONU para o Meio Ambiente (Pnuma, 2010), baseou-se na constatação de que o crescimento dos países emergentes de fato gerou um maior consumo doméstico, caracterizado por uma classe média cada vez mais forte e também uma estabilidade econômica mais estável. Todos estes fatores levam o país a garantir facilidade de empréstimos para a possível compra de novos Equipamentos Eletro-Eletrônicos.

A ONU atenta que o excessivo crescimento de eletrônicos nos países emergentes e a falta de capacidade para lidar com esses resíduos, muitas vezes perigosos gera perigos desastrosos ao ambiente e à saúde. Para Achim Steiner, diretor-executivo do Pnuma, os países como: Brasil, México, Índia e China serão os mais afetados pelo lixo, enfrentando “crescentes danos ambientais e problemas de saúde pública”.

A figura 9 trata-se uma análise feita pela ONU que destacou que o Brasil é o país emergente que mais toneladas de PCs e Impressoras descartou durante os anos de 2005/2006. Na escala, ainda destaca-se o México, Colômbia e Peru, sendo que estes dois últimos praticamente se igualam em quantidades destes resíduos.

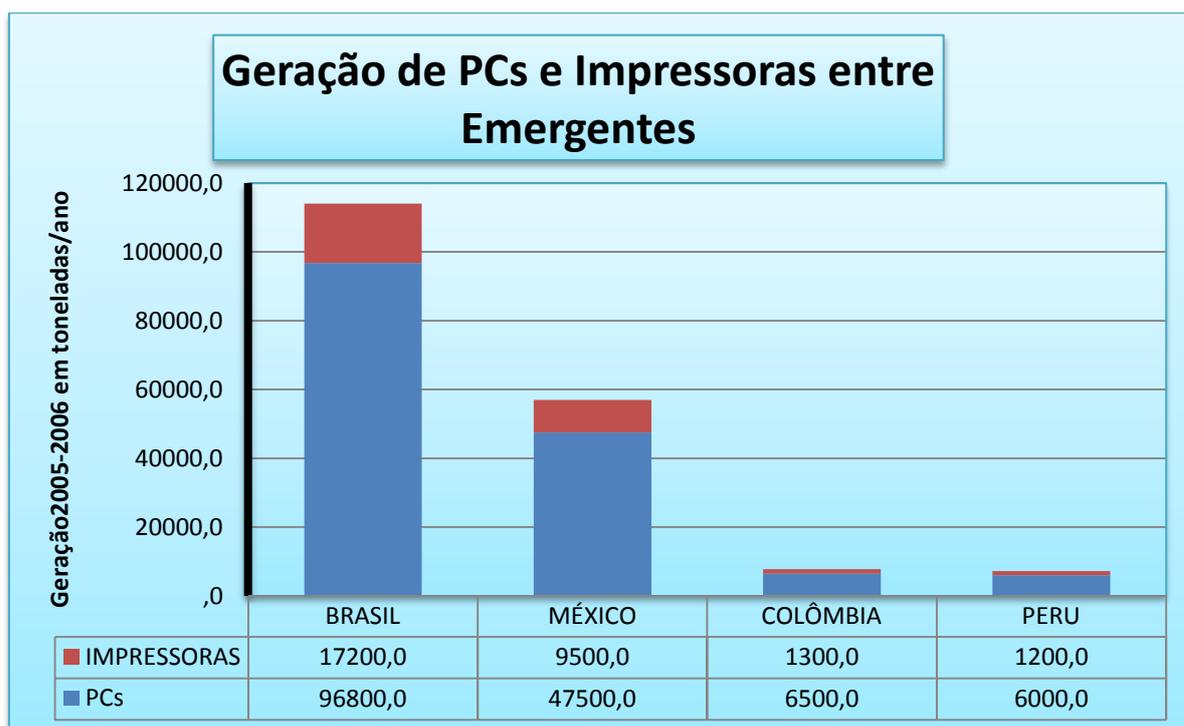


Figura 9 - Descarte de PCs e Impressoras Países Emergentes.
Fonte: Pnuma, 2010.

Conforme os estudos da ONU, o Brasil tem um resultado preocupante em relação a eliminação de lixo eletrônico que são gerados a partir de PCs descartados, em Kg per capita. A avaliação da ONU é de que o Brasil estaria no grupo de países mais despreparados para enfrentar o desafio do lixo eletrônico, principalmente, diante do volume relativamente baixo de comércio ilegal do lixo em comparação a outros mercados.

Mas, o alerta é de que a situação hoje não é satisfatória. As informações sobre o lixo eletrônico são escassas e não há uma avaliação completa do governo federal sobre esse problema. Por isso, a ONU ainda indica que há uma falta de uma estratégia nacional para lidar com o fenômeno, e que a reciclagem existente hoje não é feita de forma compatível com os países desenvolvidos.

O Brasil abandona 96,8 mil toneladas métricas de PCs. O volume só é inferior ao da China, com 300 mil toneladas. Mas, per capita, o Brasil é o líder. Na figura 10 nota-se que, por ano, cada brasileiro descarta o equivalente a meio quilo desse lixo Eletro-Eletrônico. Na China, com uma população bem maior, a taxa per capita é de 0,23 quilos, contra 0,1 quilos na Índia.

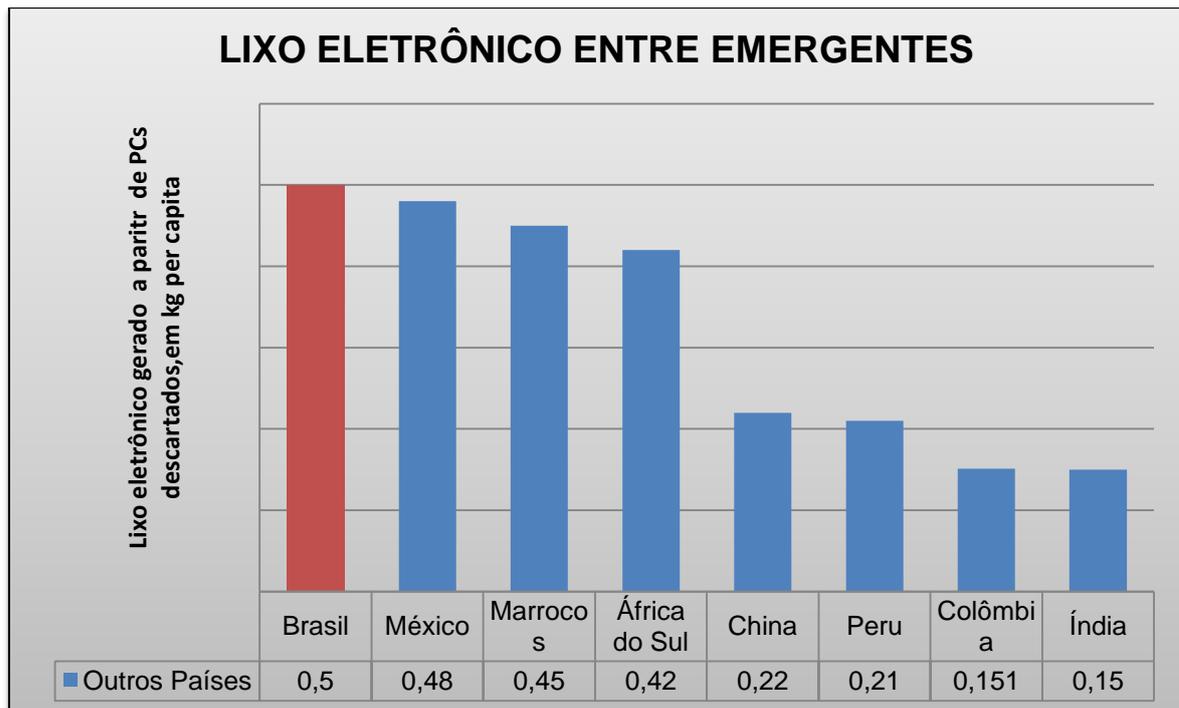


Figura 10 - Eletro-Eletrônicos entre emergentes.
Fonte: Pnuma, 2010.

As Nações Unidas ainda indicam que o problema não parece ser uma prioridade para a indústria nacional e que a ideia de um novo imposto não é bem vinda, diante da carga tributária no País.

O maior alerta é, sobretudo, para o grave impacto ambiental assim como os severos problemas de saúde que as montanhas de resíduos tóxicos podem gerar. Hoje, parte importante desse lixo se acumula sem qualquer controle. A China é o segundo maior produtor de lixo eletrônico do mundo 2,3 milhões de toneladas ao ano atrás apenas dos EUA.

Os especialistas estimam que, até 2020, o volume de resíduos procedentes de computadores abandonados crescerá 500% na Índia, e 400% na China e África do Sul, em comparação aos níveis de 2007.

A ONU propõe soluções como novas tecnologias de reciclagem, além da criação para os países emergentes de “centros de gestão de lixo eletrônico”. Um dos problemas a ser superado ainda seria a resistência de empresários que, na realidade, lucram com o comércio excessivo desse lixo eletrônico.

Outro problema seria a falta de investimento em infraestrutura. A ONU ainda propõe como medida a exportação de parte desse lixo de países emergentes aos ricos. Isso deveria ser utilizado, principalmente, para peças perigosas, como

circuitos integrados e pilhas, que seriam, então, processados de forma adequada e correta, evitando-se, assim riscos à saúde e ao meio ambiente.

4.3.1 Mercados de Computadores no Brasil

De maneira geral, a indústria de PC's no Brasil está reduzida à montagem de kits importados, com baixa agregação de valor local (Laurindo & Carvalho, 2003). Mesmo itens de pouca complexidade e valor são importados, como os gabinetes e fontes. Há ainda uma produção local de TRC (cinescópios) para monitores de vídeo.

No Brasil, o mercado informal de microinformática possui as mesmas dimensões do mercado formal (o chamado grey market) que atende ao uso pessoal (Laurindo & Carvalho, 2003).

O setor Eletro-Eletrônico é responsável por 2% a 4% do impacto ambiental do planeta, entretanto, ele é provedor de serviços, produtos e soluções aos demais 96% a 98% dos segmentos mundiais (Cempre, 2010).

De acordo com estudos específicos da ONU (2010), destaca-se que o Brasil é o país emergente que mais descarta os Resíduos derivados dos Equipamentos de Informática, inadequadamente, que são os PCs e Impressoras, visto que o Brasil não possui uma estratégia para lidar com o excessivo montante de lixo eletrônico gerado a cada ano. O estudo foi realizado pelo Programa da ONU para o Meio Ambiente (Pnuma), baseando-se na constatação de que o crescimento dos países emergentes de fato gerou um maior consumo doméstico, com uma classe média cada vez mais forte. O Brasil apresenta uma estabilidade econômica a fim de que possa garantir empréstimos para a compra de Eletro-Eletrônicos. Porém, junto com isso, veio a nova geração contemporânea sem precedente de lixo.

De acordo com alguns estudos feitos a partir do ano de 2006 a área classificada pela Associação Brasileira da Indústria de Elétrica e Eletrônica - ABINEE como a informática, vem desenvolvendo pesquisas no fluxo de vendas de computadores no país. A cada ano que passa se obtém uma porcentagem significativa no aumento do consumo por esses tipos de equipamentos.

Estimativas da ABINEE apontam que a comercialização de PCs deve atingir 16,7 milhões de unidades em 2012, o que representa um crescimento de 9% em

relação ao ano passado. Em 2011, as vendas alcançaram 15,3 milhões de unidades.

Desse montante, os desktops responderam por 6,2 milhões e os notebooks e netbooks por 9,1 milhões, que atingiram 59% de participação no mercado total de PCs.

A figura 11 demonstra o aumento no quantitativo de computadores que tem ocorrido, não só devido à aquisição por novos usuários, mas também à troca por máquinas mais novas. Conforme os mesmos estudos da ABINEE (2009), no ano de 2012 o número de computadores existentes no país chegue à marca dos 100 milhões de unidades, o que acarretará numa enorme quantidade de resíduos.

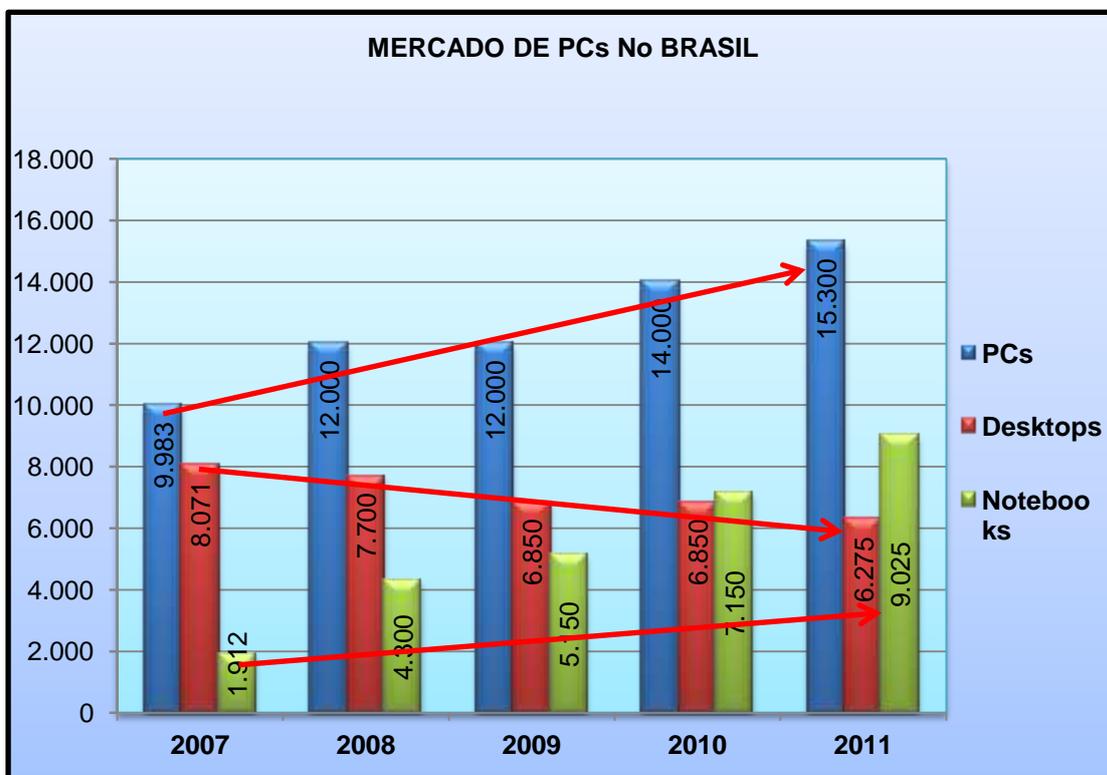


Figura 11 - Evolução do Mercado de PCs no Brasil.

Fonte: ABINEE, 2012.

*em mil unidades

Devido à problemática que envolve a geração e disposição inadequada destes tipos de resíduos, este trabalho atenta especificamente ao Município do Rio de Janeiro, quanto à problemática do consumo exacerbado e conseqüentemente, a rápida inovação destes equipamentos. Assim, delinear ações que possam gerar mecanismos para uma qualificada gestão para este Município torna-se fundamental para sua melhoria.

4.4 Computadores Pós-Consumo

4.4.1 Geração dos Resíduos de Computadores

No Brasil, o mercado de computadores vem apresentando uma obsolescência programada que gera resíduos tecnológicos de milhões de equipamentos. Isto se torna uma preocupação atual em razão da destinação inadequada desses resíduos, acarretando consequências para o meio ambiente e para a saúde do ser humano. Praticamente ainda não existem informações precisas na literatura brasileira para que ocorra um descarte e um destino adequado para a sucata dos computadores (Andrade, 2002).

A figura 12 demonstra o número de resíduos de computadores gerados anualmente com média estimada encontrada para o período compreendido entre 2003 e 2030 que é de 3,4 kg/habitante para o Brasil.

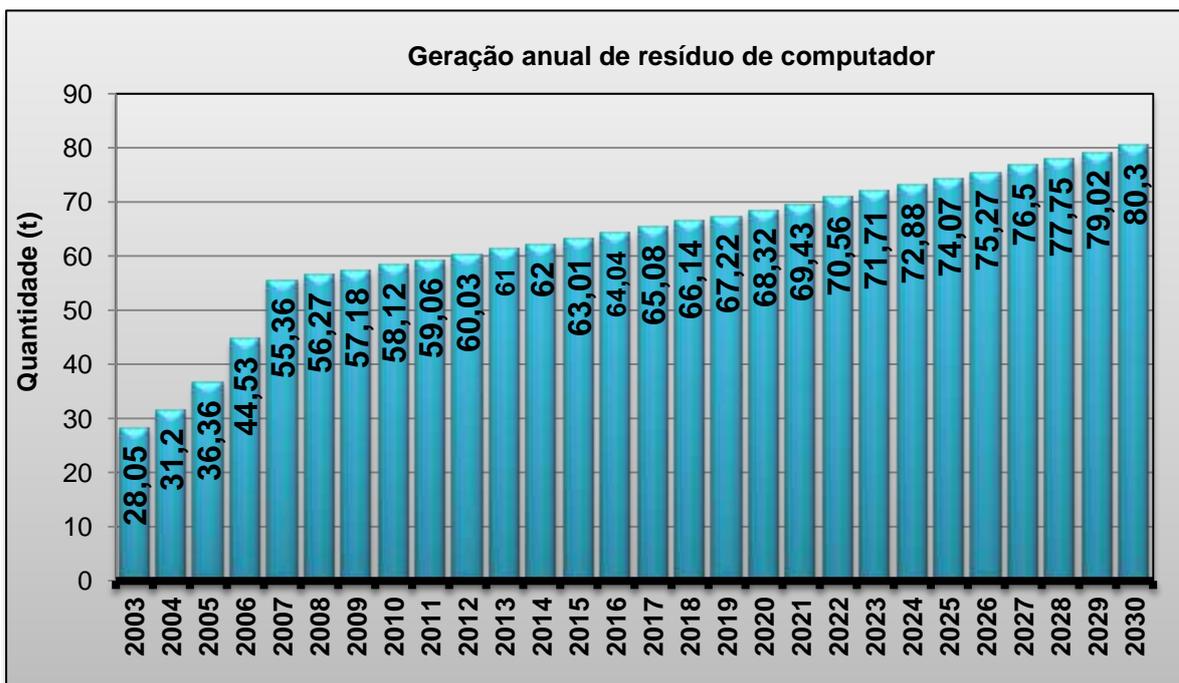


Figura 12 - Geração de Resíduos de Computadores.
Fonte: FEAM, 2010.

A partir dos dados obtidos, foi possível visualizar as curvas de geração deste tipo de resíduo, em t/ano e kg/hab, até o ano de 2030. Sempre que possível, com o objetivo de se estabelecer uma análise comparativa, relativo ao Brasil.

Nos dias atuais, uma pequena parcela da população brasileira é atendida por serviços municipais de coleta seletiva e parte desses programas tem a participação de cooperativas de catadores. Por isso, é importante salientar que a maior parte do material não coletado pelos sistemas oficiais, acaba chegando à indústria por meio do trabalho dos catadores e sucateiros.

Apesar de existirem empresas especializadas em reciclagem de aparelhos como computadores, seu número ainda é mínimo, se relacionado ao aumento das vendas.

Apesar disso, esse setor tende a contribuir com soluções de descarte de produtos e parques tecnológicos para uma adequada reciclagem. Cabe a estas empresas menores, o papel de verificar corretamente o real estado em que se encontram as máquinas, realizando sua manutenção e, posteriormente disponibilizando os produtos que ainda se encontram em condições de reaproveitamento para outros usuários. Já os equipamentos que não podem ser reaproveitados serão encaminhados para o mercado específico de matéria prima.

O maior alerta é, contudo, para o grave impacto ambiental assim como os severos problemas de saúde que as montanhas de resíduos desses equipamentos podem gerar.

Existem muitos produtos e subprodutos extraídos da natureza e utilizados nestes Equipamentos de Informática e o simples descarte de seus resíduos representa um desperdício enorme de recursos, pois os produtos nocivos à natureza e os metais preciosos contidos nestes equipamentos podem ser retirados e reaproveitados como matéria-prima para a manufatura de equipamentos novos, com tecnologia nova.

As Figuras 13, 14 e 15 demonstram a análise do percentual destes componentes existentes nos equipamentos como, Desktops, Notebooks e Monitores CRT.

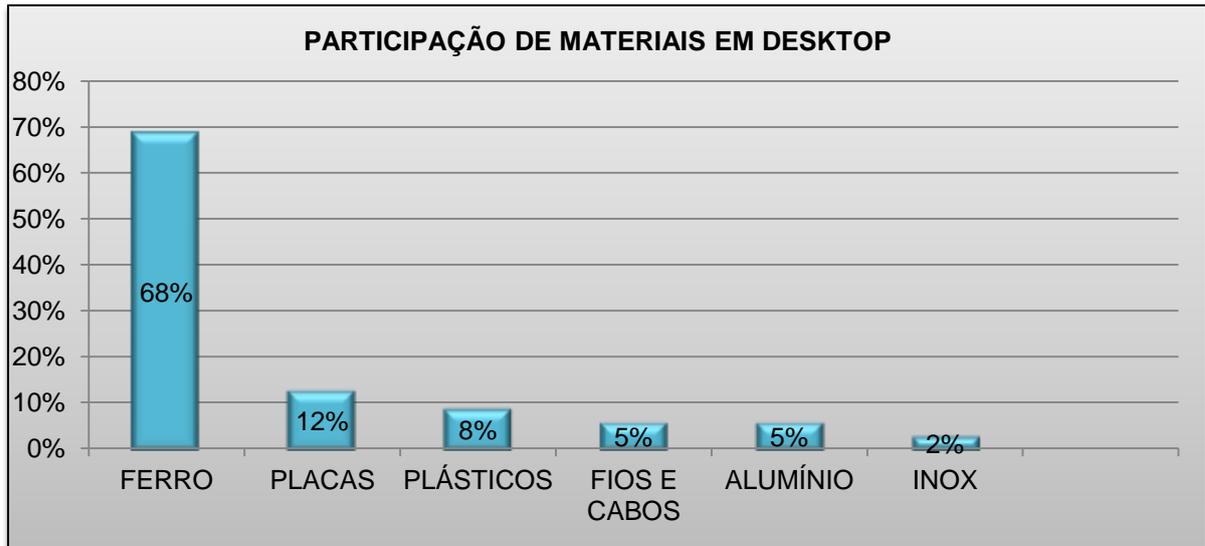


Figura 13 - Materiais em Desktop.
Fonte: ITAUTEC, 2010.

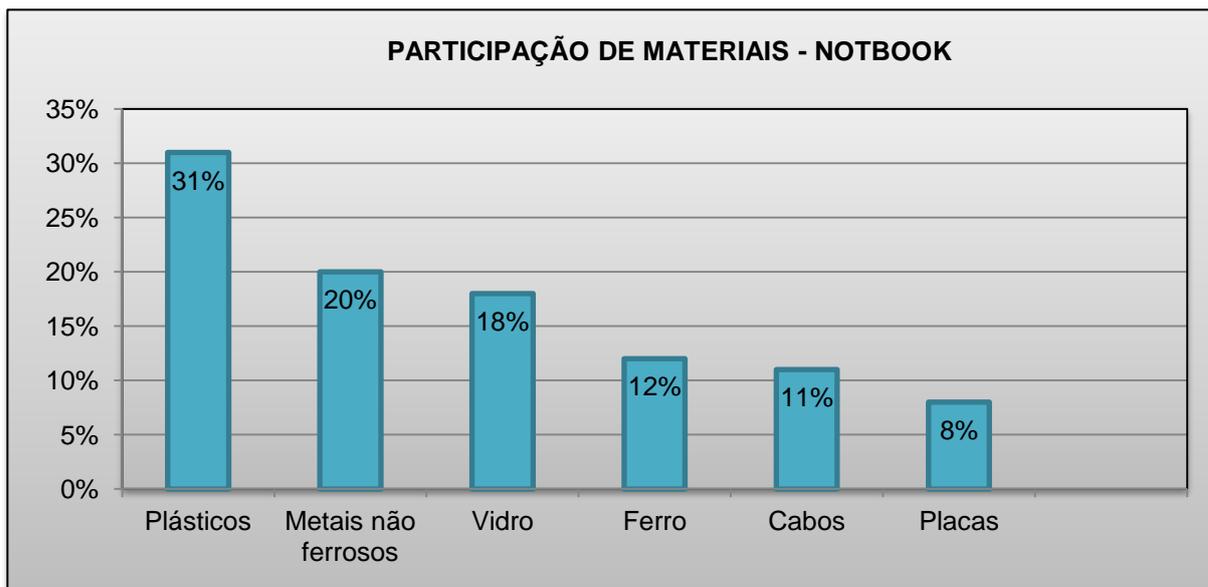


Figura 14 - Materiais em Notebook.
Fonte: ITAUTEC, 2010.

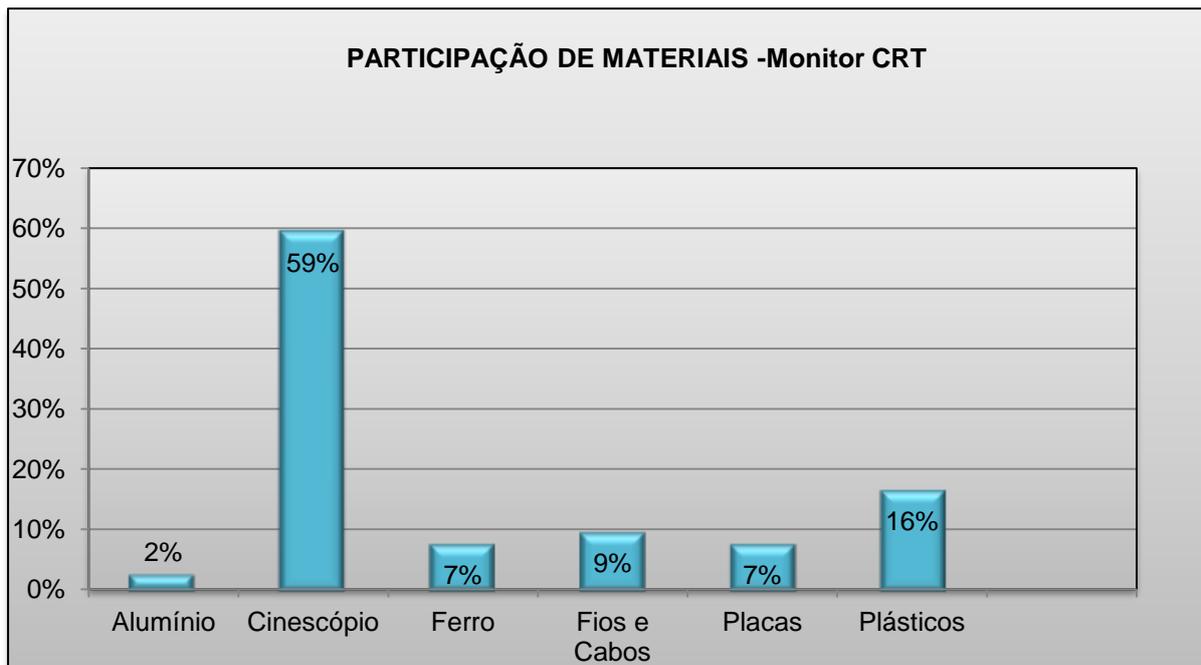


Figura 15 - Materiais em Monitor.
Fonte: ITAUTEC, 2010.

Portanto, de acordo com a análise, pode-se perceber a importância para se criar parcerias entre governo e empresas privadas com um único objetivo onde os Resíduos desses Equipamentos possam ser totalmente reciclados sistematicamente. Com isso, as empresas poderiam pelo menos suprir, parcialmente, sua demanda por metais importantes, evitando assim a retirada direta da natureza.

Torna-se importante verificar o mercado destes elementos, viabilizando a cotação de cada um deles através do London Market Exchange ¹⁹(2011), de acordo com a tabela 15, estes foram encontrados em uma tonelada de Resíduos dos Equipamentos de Informática, portanto, sendo avaliado também seu valor específico por metal.

¹⁹ <<http://www.kitico.com.url>>.

Tabela 15 - Valores de alguns Elementos

Material	Quantidade de metal em grama	Quantidade convertido em kg	Preço do metal em US	Valor total em US
Ouro	250g	0,25	24.434,00	6.108,50
Prata	650g	0,65	315	204,75
Paládio	95g	0,095	6.100,00	579,50
Ferro	375,000	0,375	0,40	150,00
Cobre	170,000	0,170	3,60	612,00
Alumínio	70,000	0,07	1,70	119,00
Zinco	45,000	0,045	-	-
Platina	30 a 70 grama	0,03 a 0,07	-	-
Índium	20 a 30 Grama	0,02 a 0,03	-	-

Fonte: www.cce.usp.br (adaptado pelo autor).

Da análise conclui-se que a reciclagem dos Resíduos de Equipamentos de Informática é economicamente viável. Além disso, as reservas destes elementos são limitadas a reutilização torna-se uma alternativa necessária, já que a contínua exploração desses metais levaria à sua exaustão.

4.4.2 Equipamentos de Informática pós-consumo

Para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos é necessário localizar empresas recicladoras de cada tipo de resíduo. Empresas recicladoras de plásticos que reciclem plásticos com retardantes de chamas; empresas que reciclem metais; empresas que comercializem placas de circuito impresso. Um dos maiores problemas na destinação está nos monitores, pois há grande porcentagem de contaminante na sua constituição.

A diversidade de destinação dos Resíduos de Equipamento de Informática pós-consumo está diretamente relacionada ao fator cultural, ao poder econômico e às legislações específicas de cada país. Em países onde há legislação para Resíduos de Equipamentos de Informática como Alemanha, Bélgica, Holanda e Suíça, o reuso e a reciclagem possui destinos mais abrangentes, porém, em países onde não há políticas públicas para este tipo de resíduo, o armazenamento e a disposição em aterros são os mais praticados (OECD, 2003).

4.4.2.1 Diferentes destinos dos Equipamentos de Informática

Os Resíduos de Equipamentos de Informática, assim como todos os outros eletrônicos, podem ter diversas destinações finais, que do ponto de vista ambiental podem ser consideradas seguras ou inseguras e do ponto de vista de sua recuperação possuem limitações relacionadas à complexidade desses produtos.

Na fase do descarte, aos impactos ambientais, somam-se riscos à saúde dos trabalhadores envolvidos nas atividades de manejo dos produtos descartados.

Para melhor compreensão da etapa pós-consumo dos Resíduos de Equipamentos de Informática, a seguir serão apresentadas as diversas possibilidades de destino dos produtos a partir de seu descarte.

O fluxo destes equipamentos pós-consumo no Brasil, assim como o de outros produtos pós-consumo envolve direta ou indiretamente diversos setores da sociedade e atores sociais indo desde fabricantes e importadores de produtos, consumidores (pessoas físicas e jurídicas), oficinas de assistência técnica e manutenção, catadores, sucateiros, empresas especializadas em gerenciamento de produtos excedentes ou defeituosos oriundos dos fabricantes, indústrias de reciclagem (processamento final do governante), ONGs, universidades e centros de pesquisa até formuladores de políticas específicas para a área de resíduos de informática e de políticas industriais e de desenvolvimento tecnológico e de busca de alternativas operacionais e tecnológicas para uma gestão adequada.

A identificação e caracterização dos possíveis atores, diretamente envolvidos na cadeia destes equipamentos pós-consumo são importantes para a compreensão da forma como ocorre o fluxo desses produtos pós-consumo.

Cada um dos setores envolvidos nessa cadeia tem interesses próprios (econômicos, políticos, sociais) que conduzem sua ação em relação aos produtos descartados tendo diferentes destinos como apresentados abaixo:

- Armazenamento;
- Reuso do equipamento (doação para entidades ou pessoa física);
- Desmontagem para reutilização de componentes;
- Disposição final reciclagem.

O fluxograma analisado na figura 16 retrata as etapas do ciclo de vida destes equipamentos.

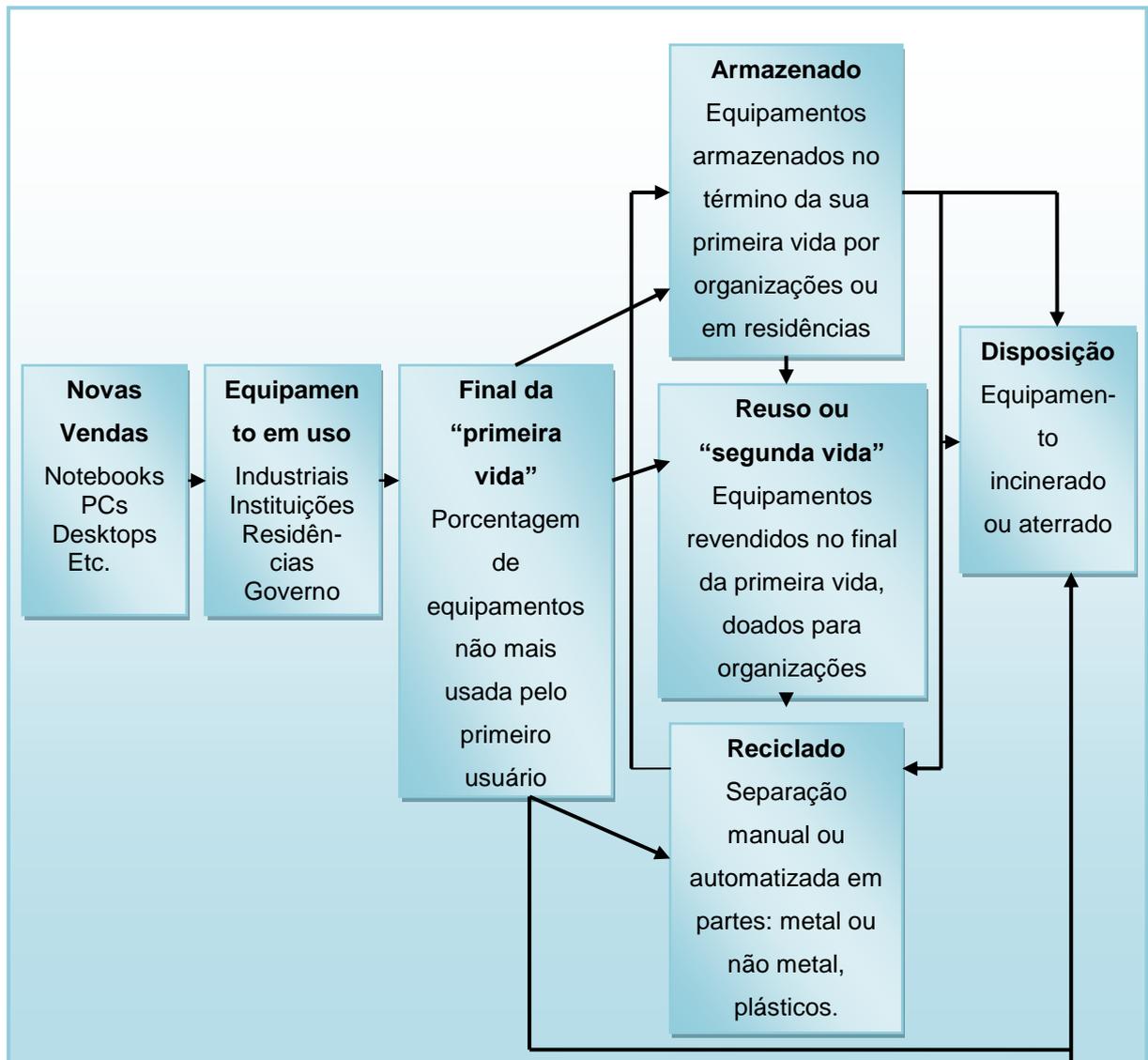


Figura 16 - Ciclo de vida dos Equipamentos de Informática.
 Fonte: Adaptado de RIS Internacional, 2000.

4.4.2.2 Armazenamento

Esta etapa consiste no armazenamento do produto por parte dos primeiros usuários. Essa prática é comum, uma vez que os usuários esperam que seus equipamentos antigos tenham alguma utilidade ou algum potencial valor de revenda ou mesmo por não saberem quais destinos dar a eles.

4.4.2.3 Reuso (segunda-vida)

Reuso ou segunda vida são os termos usados quando o produto ou as peças que compõem o equipamento são destinados a um novo usuário. Essa prática é comum quando se trata de aparelhos Eletro-Eletrônicos, principalmente no que diz respeito aos computadores.

De acordo com OECD (2003), existem três formas dos computadores terem uma segunda vida útil. Comentam-se tais procedimentos, a seguir:

- **Reuso direto:** na reutilização direta, o PC pode ser usado por outra pessoa, sem modificação. Este é o modelo mais comum de reuso do computador. A máquina pode ser atribuída a outro usuário da mesma organização ou núcleo familiar, vendido a um terceiro ou doada, principalmente para uma instituição voltada à inclusão digital.
- **Recuperação e reutilização:** o PC pode ser consertado ou melhorado tecnologicamente para ser usado por outra pessoa. Todos os computadores pessoais têm uma quota de modularidade, ou seja, algumas de suas peças podem ser substituídas por peças similares ou outras com tecnologia mais moderna, o que proporciona o prolongamento da vida útil do PC, podendo, então, permanecer em uso por mais um bom tempo.
- **Reuso dos componentes:** o PC pode ser desmontado para recuperação de seus componentes, e suas peças usadas podem ser revendidas, principalmente no que diz respeito a equipamentos antigos, para os quais há um mercado considerável.

De acordo com OECD (2003), essas operações deram origem a um novo ramo de atividade, que pode ser denominado indústria de computadores e peças recondiçionadas. Ao longo da última década, essa indústria se especializou em atividades tais como: recolher, reabilitar, atualizar e vender os computadores recondiçionados, atendendo a um público específico, ou seja, com poder aquisitivo mais baixo, contribuindo, assim, para a inclusão digital.

Normalmente, é compreendido como uma forma de reciclagem tratando-se de um processo técnico de restabelecimento das condições funcionais e estéticas de uma máquina. Através, desse processo, o equipamento começa a ter um novo ciclo de vida visto que o resultado final é compatível ao de um computador novo.

4.4.2.4 Desmontagem para reutilização de componentes

Esta etapa consiste na separação de componentes que podem ser reutilizados em outros aparelhos, porém, só é considerado para produtos que não foram descartados junto com os resíduos urbanos comuns. A reutilização desses componentes é bastante limitada, por serem tecnologicamente inferiores ou incompatíveis com os equipamentos novos.

4.4.3 Reciclagem dos Resíduos de Equipamentos de Informática

O conceito de reciclagem serve somente para os materiais que podem ser transformados em produtos que mantenham suas características semelhantes.

Atualmente, o tema sobre reciclagem e eliminação dos produtos tóxicos das peças de computadores vem sendo tratado superficialmente pelos meios de comunicação e também pela sociedade. Somente as Organizações Não Governamentais (ONGs) têm algum interesse em divulgar esse assunto com mais ênfase devido à problemática da toxicologia dos descartes inadequados das peças no meio ambiente.

O processo de reciclagem para Equipamentos de Informática é diferenciado, devido às suas características e, hoje, ele se apresenta no mercado como a “manufatura reversa”, que exige reengenharia na separação, trituração e limpeza para prover a reinserção da matéria-prima com qualidade na fabricação de novos produtos.

A reciclagem dos equipamentos de informática é um termo genericamente utilizado para designar a reciclagem, o reaproveitamento e a reutilização dos computadores na íntegra como também utilizar partes como matéria-prima para novos produtos do ramo ou o reaproveitamento e a reutilização destes. As maiores vantagens da reciclagem são a minimização da utilização de recursos naturais.

Portanto as etapas pós-consumo são similares a outros equipamentos, que consistem em: desmontagem; segregação de metais ferrosos, não ferrosos e de plásticos; reciclagem e recuperação de materiais com maior valor econômico; por fim tratamento e disposição de resíduos perigosos. A fim de um melhor

esclarecimento, focalizam-se quatro processos relacionando-os com o risco potencial para o meio ambiente:

- **Desmontagem:** Remoção das partes contendo substâncias perigosas e remoção das partes que contenham substâncias de alto valor (como cobre aço, ferro e algumas partes contendo metais preciosos). Existência potencial de emissão para o meio ambiente: O risco nesta etapa é a contaminação do solo através da estocagem imprópria do REI.
- **Segregação de metais ferrosos, não ferrosos e plásticos:** Essa separação é normalmente feita por processo de fragmentação e, posteriormente, por um separador magnético que remove a fração ferrosa presente no fluxo de materiais. Há possibilidade de contaminação para o meio ambiente, dependendo do material a ser triado.
- **Reciclagem/recuperação dos materiais de valor:** Nesta etapa os materiais ferrosos, não ferrosos e contendo metais preciosos são destinados a plantas específicas para recuperação. Existência de potencial de emissão para o meio ambiente: as plantas de recuperação desses materiais podem emitir dioxinas, metais pesados, dióxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio para a atmosfera, dependendo das condições de operação.
- **Tratamento/disposição de materiais e resíduos perigosos:** A fração do material não recuperado pode ser depositada em aterros ou, em alguns casos, incinerada; os PCBs são incinerados ou depositados em locais subterrâneos, sendo o mercúrio (Hg) reciclado.

Os tubos CRT eram triturados e posteriormente tratados, para recuperar o vidro como matéria-prima. Contudo, devido ao elevado risco de contaminação inerente a este método, uma técnica vem sendo desenvolvida: os monitores sofrem cortes dividindo-os em duas partes para posterior tratamento, como: eliminação de componentes tóxicos, recuperação de partes metálicas internas e a reutilização do vidro como matéria-prima.

A figura 17 apresenta um monitor CRT após sofrer corte de separação em duas partes para análise de recuperação dos elementos tóxicos existentes.



Figura 17 - Tubos de Raios Catódicos.
Fonte: Kang & Shoening, 2005.

Devido à presença do chumbo na composição do vidro são necessários cuidados especiais na sua manipulação, a fim de evitar contaminação do ar, solo e águas subterrâneas e danos à saúde do trabalhador.

4.4.3.1 Reciclagem dos polímeros (plásticos) presentes nos equipamentos de informática

Segundo Mano e Mendes (1999), os polímeros são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intra e intermoleculares. Mais especificamente, os polímeros são compostos químicos de elevada massa molecular relativa, resultante de reações químicas de polimerização. Estes contêm os mesmos elementos nas mesmas proporções relativas, mas em maior quantidade absoluta. Os polímeros são macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores, chamadas monômeros. O número de unidade estruturais repetidas numa macromolécula é chamado grau de polimerização. Resina, é o termo empregado para designar polímeros sintéticos. Ambos são conceituados nesta pesquisa como plásticos.

Os mesmos autores consideram que os plásticos são divididos em dois subgrupos, os termoplásticos, que se fundem por aquecimento e solidificam por resfriamento em um processo reversível, e os termorrígidos que por aquecimento

ou outras formas de tratamento assumem estrutura reticulada, com ligações cruzadas, tornando-se infusíveis.

Geralmente, os termorrígidos são fragmentados no processo de reciclagem porque não podem ser aproveitados para novos produtos e os termoplásticos são transformados em nova matéria-prima. Esses dois subgrupos constituem o de maior uso na indústria de novos Equipamentos de Informática como: Computadores, Notebooks e Lap Tops.

De acordo com estudos feitos pela Associação de Fabricantes de Plásticos da Europa, no ano de 2002 foram produzidos 2,78 milhões de toneladas de resinas plásticas oriundas da reciclagem dos equipamentos eletrônicos, incluindo computadores (Kang & Shoenung, 2005).

Os plásticos são encontrados nas carcaças dos computadores e podem ser reutilizados para diferentes partes de dispositivos eletrônicos. Também os plásticos podem ser derretidos para serem reutilizados como matéria-prima para novos produtos ou como combustível para fornos de cimento no processo de fundição, o que é bem mais vantajoso para o meio ambiente, visto que a tonelada de plástico pode substituir quase 1,3t de carvão.

Os equipamentos de informática são constituídos por uma variedade de plásticos, como mostrado na tabela 16. Esses plásticos podem estar aparentes, compondo as armações ou na parte interna do aparelho.

Tabela 16 - Resinas em Computadores

Computadores	
Resinas	
ABS	Acrlonitrila butadieno estireno
HIPS	Poliéster de alto-impacto
PPO	Óxido polietileno
PPE	Polietileno éter
PVC	Cloreto de vinila
PC	Policarbonato

Fonte: Kang & Shoenung, 2005.

Dos plásticos usados nestes equipamentos, aproximadamente 30% contêm retardantes de chama, halogenados ou não halogenados. No ano de 2000, das

450.000 toneladas de plásticos usados nos EEEs na Europa, 264.000 continham retardantes de chama não halogenados e 186.000 eram do grupo dos halogenados (Vehlow et al 2002).

A figura 18 apresenta os três métodos de reciclagem de plásticos: o processo químico, no qual o resíduo de plástico é usado como matéria-prima para o processo petroquímico ou como catalisador na fusão de metais; o processo mecânico, no qual ocorrem a separação e a fragmentação do resíduo para eventualmente ser transformado em matéria-prima para um novo produto; e a reciclagem térmica, onde os plásticos são usados como combustível alternativo de acordo com Kang & Shoenung (2005).

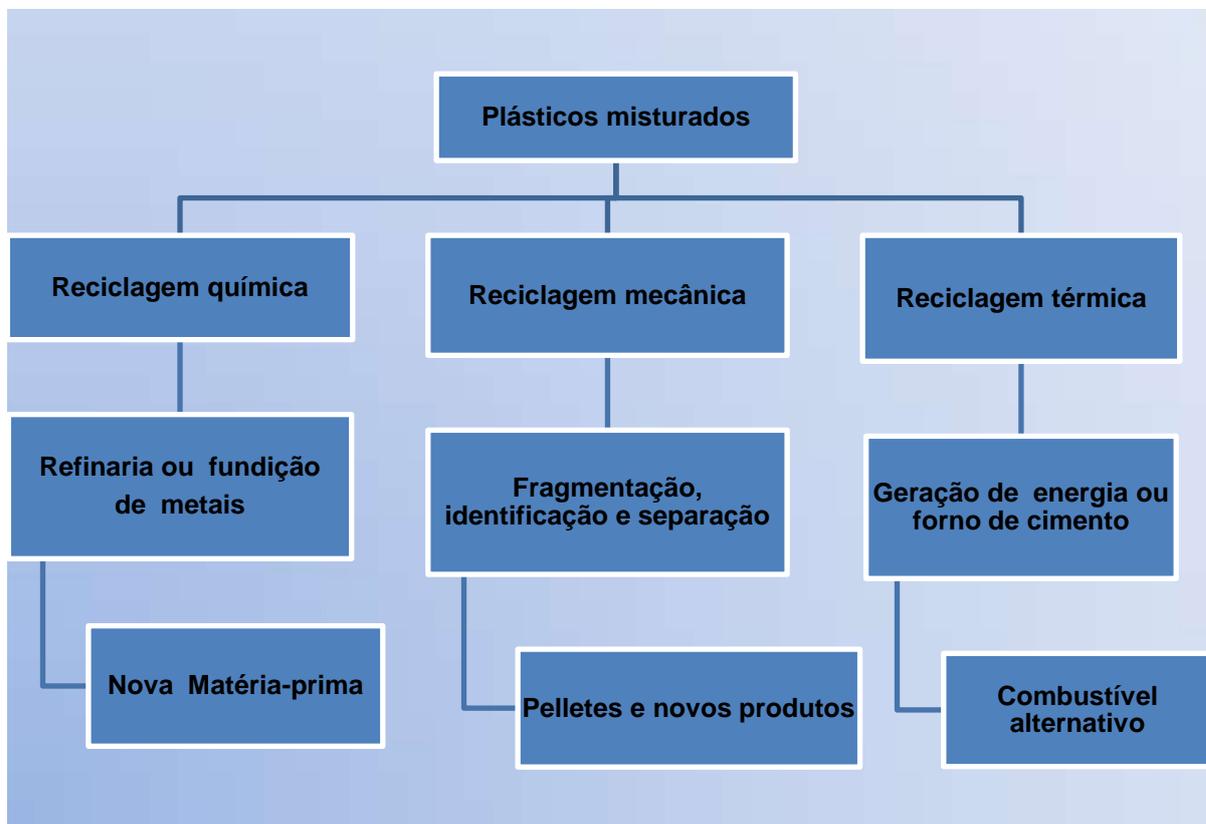


Figura 18 - Métodos para Reciclagem dos Plásticos.
Fonte: Kang & Shoenung, 2005.

Segundo Menad (1998), reciclagem, incineração e aterramento são os métodos usados atualmente para o destino final dos plásticos. A reciclagem é o destino mais recomendado e, embora a diversidade dos tipos de plásticos dificulte

a triagem e a identificação, a partir desses processos, atualmente os plásticos são reciclados no reaproveitamento de outros produtos.

4.4.3.2

Reciclagem de placas de circuito impresso de computadores

De acordo com Andrade (2002), a placa de circuito impresso (PCI) é um componente básico, amplamente utilizado em toda a indústria eletrônica, principalmente na indústria de informática, sendo constituída por uma placa (ou cartão) onde são impressas ou depositadas trilhas de cobre. Enquanto a placa se comporta como um isolante dielétrico, as trilhas têm a função de conectar eletricamente os diversos componentes e as funções que representam.

Conforme os estudos do Instituto Abraci (2001), inicialmente fabricavam-se placas de simples face com as trilhas de cobre localizadas sobre um dos lados da placa, e no outro lado os seus componentes. Para estabelecer o contato trilha-componente, os terminais dos componentes passavam por furos efetuados nas placas, sendo a seguir realizada a soldagem, que fazia a junção elétrica entre as duas partes.

Conforme Andrade (2002), a placa de circuito impresso (PCI) pode ser classificada de acordo com o material que a constitui. Designada pelas indústrias como “laminado”, sua base é constituída de papel e resina fenólica, e sua nomenclatura é FR-2. Utiliza-se em aparelhos de televisão, sistema de som, receptores de sinais abertos de TV, jogos eletrônicos etc.

A outra classe de placa é a FR-4, na qual o laminado é de fibra-de-vidro, o que a torna mais resistente. É usada em setores que exigem outro tipo de especificações, como a informática, automatização bancária, controles industriais, telecomunicações, entre outros. De acordo com o autor,

“Essas placas são formadas por unidades isoladas e integradas e sua sucata contém cobre, chumbo, cádmio, zinco, estanho, bem como metais preciosos. O impresso dessas placas contém vários compostos orgânicos e inorgânicos que de alguma forma prejudicam o ambiente” (Andrade, 2002).

As placas FR-4 são denominadas no mercado de sucatas de “placas verdes”. Estas estão compostas tipicamente de resina epóxi (com retardante de chama),

fibra-de-vidro e cobre. Por isso, apresenta no mercado um alto valor comercial sendo amplamente utilizada nos setores da informática.

A tabela 17 mostra a composição das placas de circuito impresso e suas respectivas porcentagens.

Tabela 17 - Composição da Placa de Circuito Impresso

Composição		(%)
Materiais cerâmicos, vidros e óxidos.	Sílica	15
	Alumina	6
	Óxidos alcalinos e alcalinos Ferrosos	6
	Outros óxidos	3
Plásticos	Polímeros (polietileno, polipropileno, poliésteres e policarbonetos).	26
	Plásticos halogenados (Br)	4
Metais	Metais bases (Cu, Fe, Sn, Ni, Al, Pb, Zn e outros)	39,5
	Metais preciosos (Ag, Au e Pd).	0,5

Fonte: Menetti, Chaves & Tenório, 1996.

Segundo Andrade (2002), a composição real de um computador depende da origem do circuito impresso, assim como do tipo e idade do equipamento. A concentração média de cobre, por exemplo, é de 29.800 ppm em computadores antigos, de 37.000 ppm em novos, e de 44.900 ppm em equipamentos de vídeo. Outro importante dado relaciona-se com a concentração de ouro, que apresenta 1050 ppm em computadores antigos, 750 ppm em novos e 870 ppm em equipamentos de vídeo.

A figura 19 mostra um exemplo de placas verde, que são utilizadas em computadores.



Figura 19 - Placas Verdes.
Fonte: Autoria própria.

A tabela 18 apresenta a composição física do computador e índice de materiais recicláveis com a associação dos principais elementos das placas de circuito impresso descartadas, apresentando uma junção com o ciclo evolutivo das gerações de computadores e suas respectivas evoluções.

Tabela 18 - Análise Clínica de Placa de Circuito Impresso

Elemento	Xt (MG/kg)	486 (MG/kg)	Pentium (MG/kg)	Amostra total (MG/kg)
Ag	642	283	340	317
Au	218	633	366	142
CD	2.375	2.283	1.033	1.183
Cu	37.817	37.017	24.000	42.283
Fé	568	19.500	34.433	30.783
K	233	680	90	180
Mn	337	3.543	4.377	81
Na	317	413	1.350	4.833
Ni	12.717	16.608	21.230	4.142
Zn	2.558	1.992	2.167	1.825
PB	51.083	22.750	42.000	25.000
Si	22	47	60	-
As	37	46	20	11
Ca	7.730	1.264	1.197	1.696
Sb.	301	142	315	505
Se	7	20	9	21
Sn	11.915	68.274	64.313	47.863

Fonte: Andrade, 2002.

De acordo com Lee et al., (2004), a composição típica do PCI apresenta cobre e metais preciosos potencialmente recicláveis, entretanto, o chumbo

presente na solda e os bromatos da resina necessitam de tratamento próprio durante a recuperação da placa.

4.5 Inclusão digital

De acordo com Randal (2005), do MIT/EUA²⁰, em seu artigo Redefining the Digital Divide aborda outro conceito de inclusão digital que é o da divisão entre os ricos em informação (“information rich”) e os pobres em informação (“information poor”). Estas expressões vão de acordo com os princípios desenvolvidos pela Cúpula da Sociedade da Informação (2003). O autor também desenvolve outro termo para falar daqueles que têm acesso à informação e dos que não têm (“digital haves” e “digital have nots”), abordando uma conceituação que vai da exclusão digital para a oportunidade digital (“from digital divide to digital opportunity”). Já Sergio Amadeu define inclusão digital como “a universalização do acesso ao computador conectado à Internet, bem como, ao domínio da linguagem básica para manuseá-la com autonomia” (Silveira, 2003, P. 33).

Outro conceito é o definido pela Digital Divide Network (2005), que afirma que o conceito de inclusão digital se refere à brecha existente entre aqueles que conseguem utilizar de forma efetiva as tecnologias da informação e da comunicação, tais como a Internet, e aqueles que não conseguem.

4.5.1 A inclusão digital como desafio

De acordo com Castells (2002), o mundo globalizado nos leva a adquirir cada vez mais tecnologias digitais. Por isso, o termo globalizado é tão utilizado, mas ainda é muito pouco definido.

Conhecer os aspectos da globalização aumenta o intercâmbio de bens de consumo e produtos que são capazes de gerar laços de interdependência e aproximação entre os povos através dos intercâmbios comerciais.

No entanto, há o seu lado negativo, que acentua a discrepância entre riquezas nas mãos da elite dos países do Primeiro Mundo e aumento da pobreza e das desigualdades sociais já existentes nos outros países.

²⁰ MIT: Instituto Massachussets de Tecnologia, Boston, EUA.

A globalização das sociedades vem gerando uma opinião pública mundial que se une na defesa dos direitos humanos e do acesso a bens de consumo coletivos para todos. Para Sacristan (2001), a globalização acelera processos existentes da dinâmica das culturas, adquirindo novas dimensões. A comunicação entre as culturas, à adoção e absorção de elementos culturais procedentes de outros cantos do planeta, a imposição e universalização de certos tipos de pensamento e os comportamentos da civilização e a confrontação entre culturas distintas são elementos que não são novos na história da humanidade, mas que foram acentuados com o advento das novas tecnologias da informação e da comunicação no final do século XX.

No entanto, Sacristan afirma que por mais que a globalização seja um fenômeno que atinja a todos e unifique o mundo, o problema é que apenas uma pequena parcela da população consegue se beneficiar dessa cultura da sociedade em rede, tão comum na globalização. O restante fica excluído do processo. Os que estão incluídos no processo geralmente fazem parte de uma classe que tem acesso às fontes de informação e que dominam os processos de conhecimento, transformando a informação em construção de conhecimento e produção de saber local. São pessoas que desenvolveram a capacidade de aprender a aprender. Essa competência é necessária para uma sociedade que se encontra cada vez mais interligada e em processo de mudança frequente.

De acordo Warschauer (2003), a exclusão digital refere-se à distribuição desigual entre os países e dentro de uma mesma região dos recursos relacionados à tecnologia da informação e da comunicação, assim como a brecha digital gerada pela falta de fluência tecnológica e falta de recursos humanos tais como conteúdo, linguagem, alfabetização (problema do analfabetismo de crianças, jovens e adultos), metodologia e construção de uma estrutura institucional ou comunitária.

4.5.2 Internet

Na atualidade, dentre as novas tecnologias digitais, a Internet é considerada o seu estado mais avançado. Ela foi projetada inicialmente nos EUA, no final da década de 60, com fins militares, expandindo-se na década de 70 em direção a alguns centros acadêmicos dos EUA, da Inglaterra e da Noruega. Na década de 80, apesar dos ambientes telemáticos terem se expandido para vários outros

países, o seu uso ainda estava mais voltado para as comunidades acadêmicas e de pesquisas (Grings, 1998; Valente, 1998). Foi somente na década de 90, que houve uma verdadeira explosão do uso das redes telemáticas, fazendo com que a Internet deixasse de ser um instrumento voltado apenas para a área científica e acadêmica e passasse a ser explorada também comercialmente.

De acordo com Neri (2003) existem poucas análises diagnosticadas sobre a questão da inclusão digital no Brasil. Esse estudo baseou-se nos dados levantados pela Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD), que afirma que 12,46% da população brasileira têm acesso ao computador em casa e 8% têm acesso à Internet. Dentre a população que possui computador em seus lares, 52% é composta por mulheres e 48% de acesso é composta de homens.

Das pessoas que possuem acesso ao computador, 97% se encontram no meio urbano e 1,55% estão no meio rural. Através desses dados, o estudo verifica a necessidade de se diminuir as desigualdades regionais através de políticas públicas voltadas para a área de inclusão digital (Neri, 2003).

No entanto, alguns desses dados sobre inclusão digital apresentam falhas nos seus indicadores. Por exemplo, um dos aspectos falhos do relatório do Mapa da Exclusão Digital (Neri, 2003) refere-se à destinação de inclusão digital como sendo o simples acesso ao computador ou à Internet, sem levar em conta (por questões de ordem metodológica) aspectos, tais como o uso efetivo das tecnologias digitais e a fluência tecnológica. Em decorrência de falhas de dados que sejam capazes de elaborar estatísticas sobre conexão na Internet, surgiu uma interessante discussão na lista mundial sobre inclusão digital (a Digital divide Network, da Benton Foundation) acerca da veracidade dos dados sobre conexão à rede mundial de computadores. O participante da lista mostrou falhas na metodologia de pesquisa utilizada para contar o número de pessoas conectadas à Internet, especialmente em países em desenvolvimento em decorrência de estes terem poucas fontes e recursos para análise estatística em âmbito nacional. Sugere-se que o número seja maior do que 10% da população mundial, forma veiculada pela NUA em 2002. Foi debatida também a necessidade de se utilizar outros critérios que vão além do acesso ao computador e à Internet por domicílio, mas que levem em conta o acesso à Internet no trabalho, na escola, no centro de inclusão digital, nas universidades, nos cibercafés etc. E se formos considerar a acessibilidade à rede mundial de computadores na escola, verifica-se outro fator

agravante, pois existem muitas escolas que, apesar de ter laboratório de informática conectado à Internet, muitos professores não utilizam, ou utilizam esse espaço ou fazem de forma precária. Sem contar que muitos desses usos são feitos de forma descontextualizada. Daí a necessidade de serem revistos os conceitos de inclusão digital e dos dados de conexão no mundo, entre outras causas.

Esses dados estatísticos servem como parâmetro da necessidade de haver mais ações voltadas para esse setor no sentido de transformar o país numa nação digitalizada e que esteja à altura do seu tempo histórico, pois a maior parte da população no país não tem acesso e não desenvolve uma maior habilidade no uso das tecnologias digitais para poder estar participando da revolução digital desencadeada pelo uso das tecnologias digitais. As discussões acerca da exclusão digital e os indicadores das taxas de conexão à Internet e acesso ao computador fazem parte das mais modernas discussões sobre históricas divisões sociais que penalizam a maior parte da humanidade há muitas décadas e que vêm sendo ainda acentuadas com os efeitos maléficos da globalização sobre a economia mundial. Inúmeras são as estratégias para diminuir essa “divisão digital” (“digital divide”) e as melhores práticas são aquelas que veem os membros da comunidade como produtos ativos de conteúdos para a comunidade e também como agentes de mudança local (Randal, 2001).

No entanto, a pesquisadora Badilla-Saxe (2005) afirma que, com a existência de toda uma revolução tecnológica, verifica-se que muitos que têm acesso às novas tecnologias digitais, mas não desenvolveram fluência tecnológica necessária para utilizar a tecnologia de forma contextualizada para poderem participar e se beneficiar dessa revolução tecnológica. Essa pesquisadora enfática que mesmo quando esse acesso é dado, ele não é suficiente, pois o que se percebe é que as novas tecnologias tiveram apenas um mínimo impacto no combate aos principais problemas de nossos tempos, como: melhorar a educação, reduzir a pobreza, aumentar os cuidados com a saúde e dar apoio ao desenvolvimento comunitário, diminuindo as disparidades na área de inclusão digital entre os países pobres e ricos.

De acordo com a declaração de princípios proposta na Cúpula da sociedade da Informação em Genebra, acredita-se que as tecnologias digitais têm um importante potencial para desenvolver uma série de serviços na área da

informação, comunicação, saúde, agricultura, transporte, proteção ao meio ambiente e recursos naturais, educação e treinamento e na criação de empregos. Para que esse potencial ocorra é necessário que se tenha uma interface amigável que seja acessível a todos, de baixo custo, e adaptado às necessidades locais, linguagens e culturas. Contudo, num encontro mundial posterior da Cúpula da Sociedade da Informação em Tunis no ano de 2004, que deu início as discussões para o próximo encontro, que ocorreu em 2005, as quais foram debatidas a necessidade sobre o potencial das tecnologias da informação e de como elas devem ser empregadas, para ações de fato que proponham metodologias inovadoras que visem à mudanças sociais propostas. Para tanto, torna-se necessária à construção de propostas pedagógicas e metodologias que visem alcançar esses objetivos como a desenvolvida pela Rede de Jovens Ativistas.

5 Resultados Obtidos

5.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir do equacionamento dos problemas encontrados durante o desenvolvimento dessa pesquisa, que está dividida em etapas: 1º visita técnica as empresa que estão atuando no ramo da reciclagem dos Resíduos de Equipamentos de Informática, e 2º no diagnóstico de computadores que apresentam número de computadores em domicílio em alguns subdistritos cariocas, e 3º no desenvolvimento de uma sugestão para uma gestão adequada de Gerenciamento de Resíduos de Informática para o Município do Rio de Janeiro.

Conforme, as análises realizadas nesse estudo, os Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro carecem de uma gestão adequada que possa delinear um gerenciamento dos mesmos. Esta deve prescrever um conjunto de procedimentos ambientalmente corretos que consistem em: segregação, coleta, transporte, recebimento, armazenamento, manuseio, reciclagem, reutilização, tratamento e disposição final. Assim, minimizando os danos ou impactos negativos dos resíduos ao meio ambiente, estas disposições poderão ser aplicadas ao público alvo, de acordo com a necessidade de cada setor.

Tais questões são objetos de regulamentações, acordos e programas voluntários na tentativa de reaproveitamento dos produtos, por parte de governos e fabricantes, e também de inúmeras pesquisas acadêmicas, e industriais, envolvendo tecnologias específicas para recuperação de determinados componentes.

Um marco de referência, com relação às iniciativas de enfrentamento do acúmulo desse tipo de resíduo seria a criação de uma adequada Gestão dos Resíduos de Equipamento de Informática para o Município do Rio de Janeiro, sabendo-se que a indústria eletrônica torna-se cada vez mais globalizada e

especializada, e que os ciclos de vida desses produtos no mercado tornam-se cada vez mais curtos.

5.2 Metodologia da Pesquisa

No estudo foram realizados:

- Leitura analítica e interpretativa do material selecionado: textos publicados no Brasil e no exterior que abordam o referencial teórico relativo ao tema em seus aspectos políticos, técnicos, institucionais, econômicos, jurídicos e sociais.
- Comparações com legislações estrangeiras e legislações específicas. Também foram coletados relatos de empresas que fazem o mesmo tipo de trabalho no exterior.
- Levantamento bibliográfico de trabalhos técnicos, anteprojetos de legislação federal, estadual e municipal, e leitura seletiva, analítica e interpretativa do material levantado, municipalmente em instituições que tem a ver com o tema, e pesquisas eletrônicas via internet.
- Pesquisa de campo realizada no período de Julho de 2011 e outubro de 2012 e após a avaliação dos dados, foram feitas estimativas da quantidade de resíduos que serão gerados em alguns anos. Os resultados desta estimativa foram comparados a pesquisas já realizadas, no que se refere a quantidade total dos materiais presentes em um computador.

O quantitativo de cada fração de material reciclável, bem como dos compostos químicos, foi obtido por meio das equações.

$$(N \times p^1) \times \% M = P_{tm}$$

$$(N \times p^1) \times \% R = P_{tr}$$

Na equação que está representada na tabela 23, **N** é o número de computadores; **P** é o peso²¹ de um computador padrão; **% M** é a porcentagem do material existente no equipamento; e **%R** é a porcentagem do material que pode

²¹ Média calculada a partir de pesquisa na internet.

ser reciclado. E **P_{tm}** é a quantidade de material total e **P_{tr}** é a quantidade total que pode ser reciclada.

Para o levantamento do diagnóstico local dos Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro foram feitas pesquisas via internet, onde pode denotar-se o número de computadores existentes em alguns subdistritos do Município. Infelizmente não foi possível obter dados de todo o Município.

Após o levantamento dos dados, os mesmos foram analisados com o objetivo de fazer o diagnóstico dos Resíduos de Equipamentos de Informática no Município, para que se possa delinear o quantitativo desses equipamentos, considerando a vida útil dos mesmos e identificando locais para a destinação adequada.

O foco principal para o desenvolvimento da proposta de modelo de gestão de Resíduos de Equipamento de Informática foram estudos feitos em modelos já implantados no Brasil e na Europa. O primeiro estado a implementar um modelo adequado foi Minas Gerais no Município de Belo Horizonte. A partir desses estudos, percebe-se a importância de identificar os pontos para a disposição dos produtos pós-consumo no Município, e possibilitar a criação de alternativas para uma adequada gestão. A investigação de modelos já existentes possibilitou um melhor conhecimento em relação às técnicas utilizadas na reciclagem e o reaproveitamento dos equipamentos.

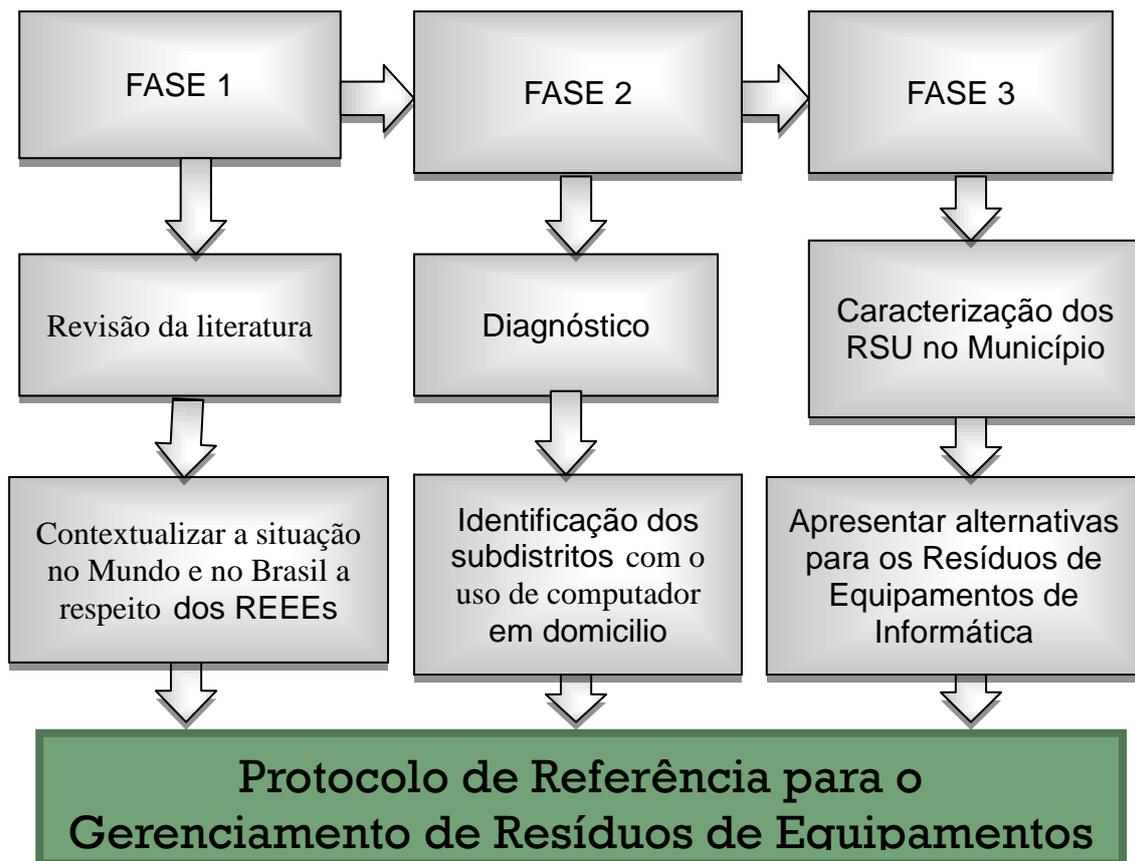


Figura 20 - Protocolo de referência para o gerenciamento de resíduos de equipamentos.
Fonte: Autoria própria.

5.2.1 Classificação da Pesquisa

A investigação foi feita em forma de fases, para as quais foram utilizados métodos distintos apropriados aos objetivos de cada uma delas, observados na figura 20.

- Fase 1: Revisão da Literatura, Levantamento da situação no Brasil e no Mundo relacionado aos REEEs que inclui REI.
- Fase 2: Diagnóstico, identificando os subdistritos do Município, com usuários de computador;
- Fase 3: Elaboração do protocolo de referência para o gerenciamento de REI para o município do Rio de Janeiro.

5.3

Fatores analisados para os Resíduos de Equipamentos de Informática

Para a concepção de um plano de gestão adequado é necessário que esse plano contemple as seguintes informações:

- Características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos urbanos.
- Identificação e análise das disposições legais existentes, incluindo base legal dos procedimentos operacionais.
- Identificação e caracterização da estrutura financeira do serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.
- Levantamento e caracterização de empresas que trabalham com programas de coleta e reciclagem desses resíduos contribuindo para o desenvolvimento do município.
- Resíduos Sólidos no Município do Rio de Janeiro.
- Plano Municipal de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Município do Rio de Janeiro.
- A destinação dos Resíduos no Município.

5.3.1

Caracterização do Município

A cidade do Rio de Janeiro é a capital do Estado do Rio de Janeiro, destacando-se como uma das principais cidades em desenvolvimento econômico do país.

A figura 21 apresenta os limites do Município do Rio de Janeiro. Ao norte faz limite com outros diferentes município, ao Sul é banhado pelo Oceano Atlântico, Baía de Guanabara fica à leste e a Baía de Sepetiba à oeste.



Figura 21 - Mapa da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.
Fonte: www.rio.rj.gov.br.

A tabela 19 mostra algumas características do Município do Rio de Janeiro, que possui uma população de aproximadamente 6,3 milhões de habitantes (IBGE, 2010), uma densidade demográfica de 5.265,81 hab/km² e um PIB per capita de R\$ 28.405,95 (IBGE, 2009).

Tabela 19 - Caracterização do Município

Informações	Município	Estado
Área ¹ (km ²)	1.255	43.780,157
População ¹ (milhões de hab)	6,3	16,0
Densidade demográfica ² (hab/km ²)	5.265,81	365,23
IDH ³	0,84	0,802
PIB per capita ²	28.405,95	22.103

Fonte: 1 IBGE, 2010; 2 IBGE, 2009; 3 PNUD/IPEA/FJP, 2000.

5.3.2

Características quantitativas e qualitativas dos Resíduos Sólidos no Município do Rio de Janeiro

A gestão de resíduos sólidos no município do Rio de Janeiro é de responsabilidade da Comlurb, que foi criada em 1975 a partir da fusão do Estado da Guanabara com o antigo Estado do Rio de Janeiro. Com essa fusão transformou-se a cidade do Rio de Janeiro em Município, capital do novo Estado. O antigo DLU passou pelo nome de Celurb_e, com a fusão, passou a chamar-se Comlurb, atualmente uma empresa da Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro.

A Comlurb está distribuída por todo o Município do Rio de Janeiro em diversas Gerências. Ela é considerada ser uma das maiores empresas de limpeza urbana da América Latina tendo uma série de sistemas de trabalho, com diferentes setores e atividades. A mesma presta serviços ao município do Rio de Janeiro de modo direto ou por meio de empresas contratadas em vários segmentos (Comlurb, 2011).

Na tabela 20 apresenta-se o montante médio de resíduos gerados, sendo a maior parte de competência da administração pública municipal, á exceção dos resíduos de grandes geradores e das atividades de construção civil.

Tabela 20 - Geração de Resíduos no Município do Rio de Janeiro

Classificação	t/dia	%
Lixo domiciliar	4.777	49,42
Lixo Público	3.139	32,47
Remoção Gratuita	281	6,16
Emergência	117	
Resíduos de Serviço de Saúde	1	
Outros	196	
Total de Competência Municipal	8.511	88,05
Grandes Geradores, Incluindo de RCC.	1.155	11,95
Total Gerado no Município Incluindo GG	9.666	100,00

Fonte: Comlurb, 2011.

De acordo com o Instituto Pereira Passos (2011), a geração per capita dos Resíduos Sólidos no Município do Rio de Janeiro é de:

- 1,62 kg/hab/dia, total de resíduos da cidade;
- 0,79 kg/hab/dia, o lixo domiciliar;
- 0,52 kg/hab/dia, o lixo público.

5.3.3

Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município do Rio de Janeiro

O município do Rio de Janeiro atualmente encontra-se em amplo desenvolvimento na área de Resíduos, tendo como foco estratégico a implementação de sistemas de logística reversa para diversos fluxos de resíduos, conforme orientações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10). De acordo com essa lei, consumidores, distribuidores, fabricantes e importadores têm responsabilidades específicas sobre os resíduos. Com base na Lei Federal o Município elaborou um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, (PMGIRS), que toma como referência a Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, a Lei Municipal nº 4.969, de 03 de dezembro de 2008 e a Lei Municipal nº 5.248, de 27 de janeiro de 2011.

Esse Plano será integrado ao PMSB – Plano de Água e Esgoto do município do Rio de Janeiro (Decreto Municipal nº 34.290, de 15 de agosto de 2011), periodicamente atualizado.

O Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, do Município do Rio de Janeiro, tem por objetivos os seguintes subitens:

- Proteger a saúde pública e a qualidade do meio ambiente;
- Incentivar a coleta seletiva, a reutilização e a reciclagem, garantindo a redução da geração de resíduos sólidos;
- Garantir a adequada disposição final dos resíduos mediante utilização de técnicas ambientalmente sustentáveis e propiciadoras do aproveitamento de energia;
- Definir o papel do setor privado e da sociedade civil na gestão dos resíduos e suas responsabilidades no cumprimento dos objetivos da política de meio ambiente da cidade;
- Gerar benefícios sociais e a busca da sustentabilidade econômica dos serviços ligados ao gerenciamento de resíduos, promovendo o desenvolvimento sustentável;
- Criar mecanismos de geração de trabalho e de renda promovendo a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis;
- Incentivar as parcerias do governo com organizações que permitam otimizar a gestão integrada de resíduos sólidos;

- Garantir a recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos e de rejeitos, pela própria municipalidade ou pelo autor da degradação, quando identificado;
- Garantir o acesso da população à informação, à prática e ao controle social nas questões relativas à gestão integrada de resíduos sólidos;
- Garantir a regularidade, a continuidade, a funcionalidade e a universalidade dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos;
- Incentivar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados, bem como o desenvolvimento de novos produtos e processos, com vistas a estimular a utilização das tecnologias ambientalmente saudáveis. (Comlurb, 2011)

A meta desse plano é a redução da geração de resíduos, criando alternativas para o reaproveitamento dos mesmos no sistema produtivo e ao mesmo tempo gerando desenvolvimento sustentável no setor de reciclagem e favorecendo a economia do Município.

Contudo, torna-se evidente a necessidade da criação de um plano de gerenciamento específico para o gerenciamento dos Resíduos de Equipamentos de Informática, uma vez que esses resíduos não têm uma destinação adequada.

5.3.4 Destino dos Resíduos Sólidos no Município

A evolução da gestão de resíduos no Município do Rio de Janeiro começou ao longo do ano de 2010, com a transferência do descarte dos resíduos gerados na cidade, para uma nova Central de Tratamento de Resíduos/CTR-RIO, no município de Seropédica. A destinação anterior desses resíduos era o Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, em Duque de Caxias, que foi desativado.

Com isso importantes iniciativas municipais foram criadas para a valorização dos resíduos sólidos. Essas iniciativas compreendem:

Coleta Seletiva Solidária municipal: Às Centrais de Triagem de materiais recicláveis também serão encaminhados os materiais recicláveis da Coleta Seletiva Solidária de todos os 2.110 endereços municipais, conforme previsto no Decreto Municipal nº 30.624 de 22.04.09. A SMAC implantou, em junho de 2010, em todas as suas unidades, incluindo o FPJ e o Riozoo, o projeto de Coleta Seletiva Solidária, com doação dos reciclados separados à cooperativa de catadores, e hoje incentiva e apoia as demais Secretarias de Governo no cumprimento do referido Decreto.

Coleta seletiva em comunidades: A SMAC participa e apoia programas e projetos alternativos de coleta seletiva em comunidades, através do Projeto Rio Recicla Comunidade que prevê parcerias tanto para instalação de ecopontos, como operação ou até capacitação de moradores. Os trabalhos são desenvolvidos com outros órgãos do município (IPP; Seconconserva/Comlurb; SMH), o governo do Estado, empresas e representantes das comunidades.

5.3.5

Base dos custos e forma de cobrança da prestação dos serviços públicos da limpeza urbana do Município

O serviço de coleta domiciliar no Município do Rio de Janeiro é calculado através da fração divisível dos serviços de limpeza urbana, sendo custeada pela Taxa de Coleta Domiciliar, nos termos da Lei Municipal no 2.687, de 27/11/1998. Quanto à fração não divisível dos serviços, tais como a coleta, transferência e destinação do lixo público, a mesma é custeada por outros tributos municipais.

5.4

Fluxo dos Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro

5.4.1

Cooperativa

O objetivo do estudo abrangeu o conhecimento de procedimentos adotados por uma determinada cooperativa, que trabalha diretamente com os REEEs, que destaca os Resíduos de Equipamento de Informática. Optou-se por visita técnica ao local, no período de outubro de 2012. Esta está instalada no Bairro Maria da

Graça no Município do Rio de Janeiro. A Cooperativa recebe todos os tipos de equipamentos eletrônicos e a quantidade recebida é muito variável, principalmente em relação aos computadores, Laptops e Notebooks. Há diferentes fontes de recebimentos destes tipos de equipamentos como: Universidades, Empresas Privadas e Públicas.

Constata-se que os materiais chegam à cooperativa através de doações de empresas, instituições e residências particulares, e que a cooperativa declara o recebimento destes equipamentos responsabilizando-se pela sua destinação final adequada.

A figura 22 mostra o local de armazenamento dos monitores recebidos pela cooperativa.



Figura 22 - Armazenamento de Monitores.
Fonte: Autoria própria.

Quando questionada sobre o que faz com o material, a empresa respondeu mostrando uma padronização nos procedimentos: 1º, exame dos aparelhos. Caso estejam funcionando são doados para as cooperativas que trabalham em parceria. Quando não estão funcionando, são desmontados e as peças separadas conforme o tipo. Os plásticos são vendidos para empresas que os transformam em novos produtos.

A figura 23 mostra as carcaças dos plásticos retirados dos monitores, que são armazenados, prontos para serem destinados a empresas que trabalham na sua transformação em novos produtos.



Figura 23 - Carcaça dos Computadores.
Fonte: Autoria própria.

Essas carcaças de plásticos, originárias de monitores de computadores, serão vendidas a empresas recicladoras que as transformam em produtos como baldes para a construção civil. O resíduo metálico é vendido como sucata de ferro. O cobre e o alumínio são vendidos separadamente, devido a seu alto valor comercial.

A figura 24 mostra as carcaças de laptops e notebooks após sofrerem a separação do material que envolve todo o produto.



Figura 24 - Carcaças de Laptops.
Fonte: Autoria própria.

As placas de circuito impresso são comercializadas para empresas que trabalham diretamente com esse tipo de material.

5.4.2 Empresa Recicladora de Placa de Circuito Impresso

A coleta de dados deu-se por meio de entrevista com os responsáveis pelo setor de reciclagem na visita à empresa. Adota-se a simbologia E-1 como referência para a empresa.

O símbolo adotado para a Empresa E-1, que atua em um dos principais ramos da reciclagem, descaracterização e trituração, com uma infraestrutura logística que permite comprar, retirar e transportar materiais em todo o território nacional. São mais de 100 representantes da empresa atuando na compra de resíduos e produtos descartados no Brasil e em países da América Latina. A matriz tem sedes em São Paulo, Rio de Janeiro e em outras localidades. A entrevista foi realizada com o responsável pelo setor de trituração e separação no dia 11 de julho de 2011, na sede da região metropolitana do Município do Rio de Janeiro na Avenida Brasil. Suas instalações consistem em um galpão industrial com um setor administrativo. O galpão industrial possui: moinho de trituração e local para fazer o armazenamento dos resíduos, com carrinho para o transporte dos big bags.

A empresa coleta o e-lixo, geralmente montado, ou seja, PC ou Laptop completo, fazendo a descaracterização do produto, logo em seguida, e separando o material de interesse (Placas em geral).

A figura 25 apresenta o armazenamento das placas de circuito impresso os seus respectivos big bags.



Figura 25 - Placas Verdes em Sacos em Big Bags.
Fonte: Autoria própria.

O produto que não interessa à empresa é destinado a outras empresas licenciadas para o processamento destes tipos de materiais: plástico, ferro, alumínio, etc. No final do processo, sempre há o material sem serventia e que deve ser adequadamente descartado, o que é feito por uma empresa licenciada e credenciada a destinar o material de maneira menos impactante.

A E-1 procede da seguinte maneira: separa as placas por tipo verde ou marrom e, logo em seguida, processa-as no moinho para que fiquem totalmente trituradas. Posteriormente são estocadas em big bags (bolsas especiais), e quando atingem 20 toneladas são transportadas para um contêiner que deverá ser exportado para Alemanha. Na Alemanha, é feito o processo de extração dos metais nobres que se tornarão matéria-prima para fabricação de joias e novas placas etc.

A figura 26 apresenta a trituração das placas de circuito impresso em um moinho da empresa. As placas são separadas, colocadas numa esteira que as despeja em um moinho de trituração.



Figura 26 - Esteira para trituração das Placas Verdes.
Fonte: Autoria própria.

A seguir, a figura 27 mostra o estado das placas após o processo de trituração nos moinhos.



Figura 27 - Placas Trituradas.
Fonte: Autoria própria.

O fluxo do material, ou seja, das placas trituradas se estabelece em parcerias com empresas que trabalham no ramo da reciclagem dos Resíduos dos Eletro-Eletrônicos e também com os sucateiros.

Quando o material chega à E-1 ocorre análise de toda a documentação e, em seguida, os resíduos são armazenados em locais adequados. Posteriormente, ocorre uma vistoria nas peças para verificar se todo aquele material poderá ser triturado.

A figura 28 apresenta as placas que passaram pelo processo de trituração adequadamente ensacada em big bags. Estes estão identificados com siglas e números específicos (representam toneladas de placas), prontos para serem exportados.



Figura 28 - Armazenamento de Placas.
Fonte: Autoria própria.

A figura 29 demonstra que a empresa possui todo um aparato de transporte do material dentro de suas instalações, isto é, o material armazenado nos big bags é transportado por um carrinho específico.



Figura 29 - Transportador dos sacos Big Bags.
Fonte: Autoria própria.

Quando o entrevistado foi questionado sobre o que as empresas estão fazendo com os resíduos que não têm valor de mercado, o mesmo foi bem incisivo mencionando que algumas empresas com responsabilidade social já têm essa preocupação de destinar de forma correta suas sucatas digitais, emitindo “O Manifesto de Resíduos” para gerir todo o processo de destinação do e-lixo.

Entende-se por “Manifesto de Resíduos”: documento on-line que relata quem gera; quem transporta e quem recebe os resíduos. É uma exigência do INEA a todas as empresas geradoras de resíduos que possam causar algum tipo de impacto ambiental, seja ele baixo, médio ou alto.

Em relação à fiscalização das empresas que trabalham com resíduos o entrevistado respondeu que a responsabilidade é do Poder Público, atuando através de um órgão próprio.

No caso do Rio de Janeiro, os órgãos são o IBAMA a nível Federal, o INEA a nível estadual e o SEMMA a nível municipal (Secretaria Municipal de Meio Ambiente). Há ainda, a DPMA (Delegacia de Proteção ao Meio Ambiente), com poder de polícia, baseando-se nas leis 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998 que dispõe sobre os crimes ambientais, e na lei 6.938 de 31 de agosto que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.

A empresa E-1 conta com certificados nacionais e internacionais que atestam sua ação ambientalmente responsável. Por seus objetivos e sua atividade,

é uma empresa que contribui para reduzir danos ambientais. Respeita todos os procedimentos e normas da ISO 14001 e conta com certificados de aprovação para destinação de resíduos industriais, emitidos pela CETESB.

Vale ressaltar que a E-1 é uma empresa que mantém um banco de dados que armazena todo o histórico dos procedimentos, sendo emitido no final do processo um relatório técnico-fotográfico, um certificado de destinação, os laudos necessários, as cópias das notas fiscais e da relação das peças, atendendo desta forma a todas as exigências fiscais ambientais.

Nota-se, que a empresa E-1 está localizada em um local estratégico e seguro tanto para fazer a coleta quanto para fazer a destinação final do produto, ou seja, a empresa é de fácil acesso, com espaço para armazenamento de todos os REEEs.

Quando o entrevistado foi questionado sobre quais as medidas mais plausíveis que poderiam auxiliar na destinação dos REEEs, respondeu que pelo pouco de experiência que possui no ramo, o que ocorre é: falta de informação sobre o descarte adequado e sobre a periculosidade desses equipamentos quando descartados incorretamente. Ressaltou também a falta de legislação normas e, principalmente, de educação ambiental da população. Esses são os principais fatores que ajudariam esses resíduos chegar a seu destino correto, isso é às empresas de triagem conhecidas como de reciclagem.

Observa-se que a empresa E-1 tem uma consciência ambiental relacionada às expectativas dos órgãos ambientais estaduais e federais. Ela atua de forma legal no mercado, mas ainda é um caso isolado no que se refere à quantidade de REEEs que ainda pode ser reciclado.

5.5

Local para a disposição do REI no Município do Rio de Janeiro

O sistema de RSU no Município do Rio de Janeiro possui centros de recepção de outros resíduos, que podem ser adaptados às especificidades do fluxo do REI de modo relativamente fácil e economicamente viável, visto que, os distribuidores encontram-se mais próximos aos consumidores, dando a opção de encaminhar os produtos obsoletos aos centros de recepção.

Uma grande relevância para esse trabalho foi verificar os principais pontos estratégicos existentes para a disposição final dos Equipamentos de Informática, no Município. Através da Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) e da Pontifícia

Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio, 2012) pôde-se verificar o primeiro ponto fixo de coleta de lixo eletrônico da Zona Sul. Este foi criado em agosto de 2012 e todo o material recolhido neste ponto será doado para a Fábrica Verde²².

A figura 30 apresenta pontos estratégicos para uma adequada destinação dos Equipamentos de Informática obsoletos ou que ainda podem ser reaproveitados.

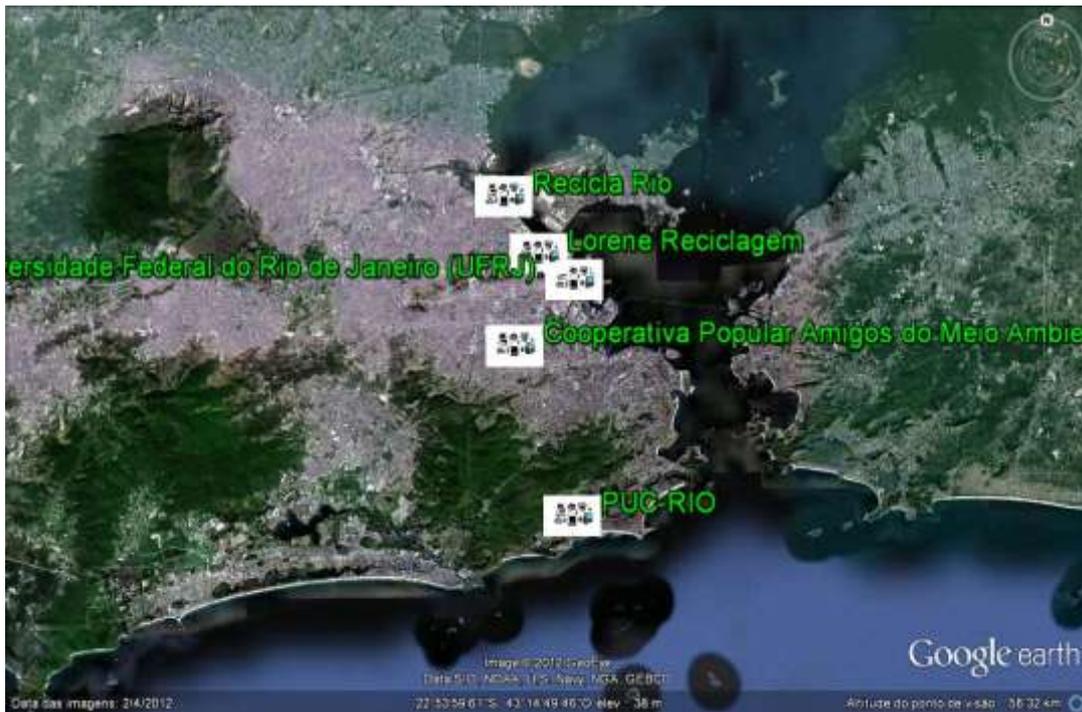


Figura 30 - Pontos para Disposição do EI.

Fonte: Autoria Própria.

Desta feita, sugere-se que as empresas e as cooperativas utilizem um modelo aplicado na Europa por ter aspectos de infraestruturas municipais, que pode ser adaptado e com isso destinar esses resíduos aos centros de recepção. Isso torna-se extremamente importante no caso em que a falta de espaço dos importadores e distribuidores sejam uma forte condicionante.

²² Fábrica Verde é um projeto da Prefeitura do Rio que tem o objetivo transformar lixo eletrônico em inclusão digital, gerando emprego e renda para jovens moradores de comunidades pacificadas pelo Governo do Estado, a partir da implantação de UPPs (Unidades de Polícias Pacificadoras). A primeira Fábrica Verde foi instalada nos arredores do Complexo do Alemão. Em junho 2012, foi inaugurada a segunda Fábrica Verde, na Rocinha. Os alunos aprendem a reciclar computadores, monitores e impressoras usados, se especializando em montagem e manutenção desses aparelhos. <<http://www.rj.gov.br/web/imprensa/exibeconteudo?article-id=1302706>>.

5.6 Diagnóstico dos Computadores Particulares no Município do RJ

O diagnóstico aponta que ao final de cinco anos os consumidores particulares terão um grande volume de computadores, e não tendo uma adequada destinação, causara um grande impacto ao meio ambiente.

A figura 31 apresenta partes do Rio de Janeiro com o maior percentual de pessoas com acesso a computador: Lagoa (85,08% da população com computador em casa e 82,87% ligados à internet) destacando-se no topo, acompanhados por Botafogo e Tijuca. Os mais excluídos são Complexo do Alemão no quesito computador em casa (42,89%) e Guaratiba no acesso a internet (33,91%).



Figura 31 - Subdistrito do Município do Rio de Janeiro.
Fonte: Autoria própria.

Esse mapeamento foi feito para um melhor entendimento no contexto da estimativa de geração dos Resíduos de Computador. Não foi possível realizar com precisão o fluxo desses equipamentos em todo o município, somente em parte do município, devido às diversas limitações de informações existentes, citando-se:

- A falta de dados históricos de vendas por região de EI²³;
- Ausência no número de fluxos da entrada desses equipamentos no Município do Rio de Janeiro;

²³ Equipamentos de Informática.

- Ausência de dados de reciclagem desses equipamentos, por ser uma prática recente e feita por meios informais;
- Descarte desses resíduos junto com a coleta de resíduo domiciliar;
- Armazenagem desses produtos em residências.

Apenas a Associação Nacional de Fabricante de Produtos Eletro-Eletrônicos (Abinee, 2012), disponibilizou os dados históricos de vendas nacionais dos Equipamentos de Informática como: Computador, Laptops e Notebook demonstrado no capítulo IV.

Por essas razões, para a estimativa de geração de REI no Município do Rio de Janeiro foram utilizados os dados obtidos por meio de pesquisas via internet, e também no relatório do Mapa da Inclusão Digital apresentado pela Fundação Getúlio Vargas (2012), que destacou o município do Rio de Janeiro em seus subdistritos cariocas com o maior número de acesso a computador. A tabela 21 demonstra o número da população residente com os domicílios particulares ocupados e o percentual desses domicílios com o número de computadores por residências.

Tabela 21 - Estimativa de Computadores em Domicílios no Município do RJ (%)

Distrito	População Residente	Domicílios Particulares Ocupados	(%)	Número de computadores
Lagoa	167.774	67.914	85,08	57.781
Botafogo	102.618	82.890	83,7	85.891
Tijuca	163.805	68.332	80,98	55.335
Copacabana	146.392	72.293	79,64	57.574
Vila Isabel	135.924	69.856	77,54	54.166
Barra da Tijuca	86.018	106.162	79,11	83.984
Méier	49.828	137.616	70,96	97.652
Ilha do Governador	212.574	71.786	68,97	49.510
Irajá	202.952	69.121	67,76	46.836
Jacarepaguá	572.617	191.859	65,76	126.166
Cidade de Deus	36.515	11.391	51,74	5.893
São Cristovão	26.510	26.906	51,09	13.746
Rocinha	69.356	23.404	49,83	11.662
Portuária	48.664	15.771	45,35	7.152

Ilha de Paquetá	3.361	1.253	45.23	0.566
Santa Cruz	368.534	112.689	45.18	50.912
Guaratiba	110.049	37.699	44.74	16.866
Maré	129.770	41.750	43.97	18.357
Jacarezinho	37.839	11.368	43.69	4.966
Complexo do Alemão	69.143	21.048	51.74	10.157
Total	1.900.877	1.208.94	63.46	855.172

Fonte: Autoria própria.

Para calcular-se o potencial de geração dos Resíduos a partir dos computadores, adotaram-se os dados da Pesquisa Regional em Domicílios (FGV, 2012). Essa pesquisa apresenta limitações, uma vez que os valores apresentados são para os subdistritos do Município do Rio de Janeiro como citados na tabela acima e são considerados somente um aparelho por domicílio.

A tabela 22 apresenta como resultado os dados do potencial de REI²⁴ gerado, multiplicando o peso médio de cada aparelho pelo número de aparelhos obtido, tendo como base a estimativa elaborada pela (FVG, 2012), em domicílios particulares.

Tabela 22 - Estimativa do potencial do REI

Equipamento	Vida útil (anos)	Peso Médio (kg)	Nº de Aparelhos	Relação de Domicílios (%)	REI Gerados t
Computador	5	22	0,85	63.46	18.813.784

Fonte: IBGE, 2006.

Considerando os subdistritos cariocas com 63.46% de domicílios com pelo menos um computador pessoal o peso médio de um computador com 22 kg e uma vida útil de cinco anos, e especulando que esses equipamentos já estão em uso há no mínimo 1 ano, supõe que no ano de 2014 haverá um Passivo Ambiental²⁵ de aproximadamente 18.813.784 t de materiais.

²⁴ Resíduos de Equipamentos de Informática

²⁵ Passivo Ambiental entende-se todo impacto causado ao meio ambiente proveniente da atividade industrial ou resíduo em geral. Este passivo contamina o solo e posteriormente o lençol freático

A tabela 23 demonstra o composto dos materiais preciosos e tóxicos que serão gerados a partir dos números de computadores existentes e descartados quando se tornarem obsoletos e a porcentagem que poderá ser reciclada.

Tabela 23 - Percentual da composição dos resíduos de computadores

Material	% Real Peso (%M)	Total (PTm)kg	%Rel Recicl. (PTr)	Reciclável
Chumbo	0,0629	66.580,26	0,05	3.329,01
Alumínio	0,1417	149.990,83	0,8	119.992,67
Gerânio	0,00001	10,59	0	0.00
Gálio	0,00001	10,59	0	0.00
Ferro	0,20471	216.687,53	0,8	173.350,03
Estanho	0,01007	10.659,19	0,7	7.197,87
Cobre	0,06928	73.333,56	0,9	66.000,20
Bário	0,00031	328,14	0	0.00
Níquel	0,00850	8.997,33	0,8	7.197,87
Zinco	0,02204	23.329,56	0,6	13.997,73
Tântalo	0,00015	158,78	0	0.00
Índio	0,00001	10,59	0,6	6,35
Vanádio	0,000002	2,12	0	0.00
Berílio	0,00015	158,78	0	0.00
Ouro	0,00002	16,94	0,98	16,60
Titânio	0,00015	158,78	0	0.00
Cobalto	0,00015	158,78	0,85	134,96
Manganês	0,00031	328,14	0	0.00
Prata	0,00018	190,53	0,98	186,72
Crômio	0,00006	63,51	0	0.00
Cádmio	0,00009	95,27	0	0.00
Mercurio	0,00002	21,17	0	0.00
Sílica	0,24880	263.357,23	0	0.00
Plásticos	0,22997	243.351,39	0,95	231.183,45

Fonte: Adaptado Andrade, 2002.

Destaca-se que a partir da pesagem dos elementos existentes nos computadores é possível determinar a quantidade relativa dos resíduos gerados, e os procedimentos de coleta para o processo de reciclagem e do reaproveitamento dos mesmos.

Ressalva-se que não foram considerados para cálculo os computadores pessoais de uso nas empresas, pois estes dados são contabilizados, atualmente, pela Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo (FGV/EAESP) somente a nível nacional. Segundo estimativa da

nas proximidades de indústrias com potencial poluidor e lixões a céu aberto. A contaminação é feita devido a vazamento de solventes, agrotóxicos, ou no caso da temática abordada neste trabalho, pela contaminação do solo e da água por meio de resíduos provenientes de Eletro-Eletrônicos.

FGV/EAESP (2012) nesse ano de 2012, o Brasil tem 99 milhões de computadores domésticos e corporativos em uso no país. E para o ano de 2017 a venda de PCs, tablets, desktops e notebooks devem atingir 17,9 milhões com crescimento de 9%.

5.7

Sugestão para Gestão de Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro

5.7.1

Diretrizes Legais para o Modelo de Gestão de REI

Para a concepção de um modelo de Gestão de REI é fundamental o conhecimento e análise da legislação referente a esse trabalho.

Para se ter um sistema efetivo de GREEEs/, faz-se necessário o estabelecimento de responsabilidades em relação ao produto. A Diretiva 2002/96/CE estabelece a responsabilidade estendida do produtor, na qual o mesmo é responsável pelo gerenciamento do seu produto pós-consumo, podendo optar por um sistema de gestão individual ou por um sistema de gestão compartilhada. Nesse trabalho adota-se a sigla REI, ou seja, Resíduos de Equipamentos de Informática, para simplificar.

No sistema de gestão individual, o produtor assume, a título individual, a responsabilidade pela organização e financiamento do seu próprio sistema de gestão do REI. No sistema compartilhado, pressupõe o compartilhamento da responsabilidade da gestão do REI com uma entidade gestora devidamente licenciada. Por não haver no Brasil regulamentações que obriguem os fabricantes e importadores de EI a se responsabilizarem por seus produtos pós-consumo, utiliza-se uma adaptação do sistema de gestão compartilhada. Daí que, nesse protocolo aplica-se esse tipo de gestão a fabricantes, municípios e consumidores responsáveis pela destinação adequada do REI.

Dentro do conceito de responsabilidade compartilhada, a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece as bases de uma prática que promete marcar a ação das empresas e a gestão do lixo no Brasil, a logística reversa. É um dos principais instrumentos para a efetivação da PNRS. Significa a recuperação de materiais após o consumo, dando continuidade ao seu ciclo de vida como insumo para a fabricação de novos produtos.

No âmbito desse trabalho, optou-se por idealizar um modelo de gestão de REI dirigido para os EI que são comercializados no mercado do Município do Rio de Janeiro, onde o sistema é integrado em detrimento de um sistema compartilhado, onde importadores, município e consumidores são responsáveis pela gestão adequada do REI, tendo de responsabilidade:

Importadores

- Importar novos produtos com conceito de ecodesign;
- Estabelecer a redução ou eliminação de substâncias perigosas;
- Incentivar programas nos quais na venda do produto novo se recolha o usado.
- Encaminhar o REI para os CT-REI estabelecidos pelo município;
- Promover divulgações dos procedimentos adequados para descarte do REI.

Município

- Estabelecer parceria com as cooperativas de catadores de materiais recicláveis (CCMR) para os CT-REI;
- Criar “Pontos de coleta” em locais estratégicos e instalações de contêineres apropriados para disposição do REI;
- Encaminhar os resíduos depositados nos “Pontos de Coleta” para o CT-REI;
- Auxiliar no licenciamento para funcionamento do centro de triagem do REI;
- Capacitar mão-de-obra para correta triagem;
- Promover a sensibilização e divulgação de informações sobre os procedimentos ambientalmente adequados para o descarte do REI.

Consumidores particulares e consumidores organizacionais

- Entregar nos locais indicados pelo município o REI devidamente acondicionado, de forma a não causar impacto negativo no ambiente e na saúde humana.

O retorno dos Resíduos de Equipamentos de Informática deve ser pela cadeia produtiva, que consta na Lei Municipal nº 4.969, de 03 / 12 / 2008.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos, Lei 4.191, estabelece em seu art. 12º inc. VIII a responsabilidade pós-consumo do produtor, descritos abaixo:

- No tocante a atividades de geração, importação e exportação de resíduos sólidos;
- A responsabilidade pós-consumo é do produtor pelos produtos e serviços ofertados através de apoio a programas de coleta seletiva e Educação Ambiental. (Comlurb, 2011)

No plano internacional, a Diretriz Européia para os Resíduos Eletro-Eletrônicos estabelece a responsabilidade pós-consumo do produtor.

“Os recipientes de coleta deverão ser instalados em locais visíveis e, de modo explícito, deverão conter dizeres que venham alertar e despertar a conscientização do usuário sobre a importância e necessidade do correto fim dos produtos e os riscos que representam à saúde e ao meio ambiente quando não tratados com a devida correção”.

Ressalta-se que nesse sistema de gestão compartilhada, cujos importadores, município e consumidores são responsáveis pela gestão adequada do REI, todos teriam a sua própria responsabilidade.

A figura 32 apresenta o modelo de gestão de REI para o Município do Rio de Janeiro, em que são descritas as disposições legais pertinentes, com ênfase no ciclo de vida dos Equipamentos de Informática, para que se possa colocar em prática o conceito de responsabilidade compartilhada.

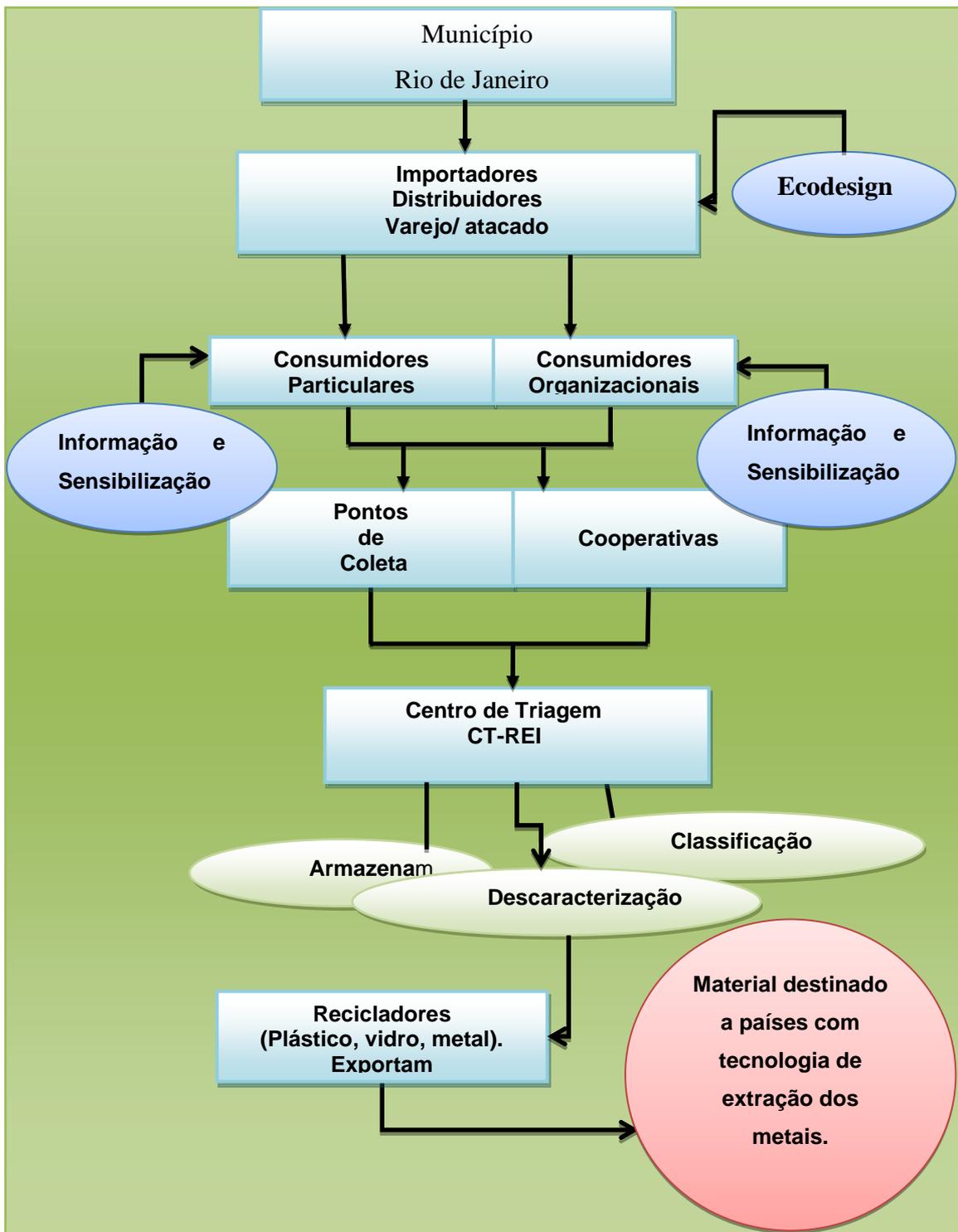


Figura 32 - Sugestão para Gestão de Resíduos de Equipamentos de Informática.
Fonte: Autoria própria.

Importadores

Nesta sugestão os importadores terão que transferir a responsabilidade de gestão do REI para uma entidade gestora. Contudo, cabe aos importadores

integrar na concepção dos novos produtos ao conceito de ecodesign, como o uso sustentável de matérias-primas, a redução ou eliminação de substâncias perigosas, a utilização de materiais recicláveis, a aplicação de tecnologias e materiais que prolonguem a vida útil do EI, e facilidade no desmonte para reutilização de peças ou das diferentes partes para o envio à reciclagem. Os distribuidores, em parceria com os importadores, deverão adotar o sistema “novo pelo velho”, encaminhando o material recolhido para os CT-REI. Em paralelo, orientar os consumidores sobre o destino ambientalmente correto desses resíduos.

Consumidores particulares e organizacionais

Consumidores particulares e consumidores organizacionais devem assumir atitudes ambientalmente sustentadas, priorizando a reutilização do REI, ou seja, verificando se o custo de reparo é inferior ao de um aparelho novo; caso isso ocorra, adotar a opção pelo conserto do equipamento.

Se o aparelho estiver tecnologicamente obsoleto para o primeiro consumidor, o mesmo poderá optar por doações a entidades sociais.

No caso de consumidores organizacionais que queiram eliminar uma grande quantidade de REI, deverão encaminhá-los diretamente ao CT-REI.

Coleta e transporte

O serviço de coleta seletiva no Município é de responsabilidade da comlurb, que oferece o serviço na maior parte do Município do Rio de Janeiro.

Com isso, a organização e separação do lixo de maneira adequada para a coleta seletiva seja ele empresarial ou doméstico é de suma importância para a responsabilidade socioambiental.

Por meio da coleta, diminui-se a exploração de recursos naturais, reduz-se o consumo de energia, diminui-se a poluição do solo, água e ar, prolonga-se a vida útil dos aterros sanitários, diminuem-se os custos de produção pelo reaproveitamento, geram-se emprego e renda.

A coleta seletiva desses resíduos deve ser feita diferenciada dos demais resíduos, para que o mesmo seja encaminhado para centro de recepção desses resíduos, sendo de suma importância promover a interação entre a infraestrutura

de gestão de resíduos sólidos municipal, entre os consumidores e os centros de triagem.

O sistema municipal de gestão de resíduos sólidos do Rio de Janeiro apresenta sistema de coleta seletiva. Estes podem ser adaptados às especificidades do REI de modo mais fácil e economicamente viável.

Para tanto sugere-se que:

- Nos pontos de coletas sejam colocados contêineres apropriados para serem coletados.
- Os contêineres venham com informativos, para a disposição do REI.
- Instalação de contêineres nas cooperativas de catadores de materiais recicláveis.

A figura 33 demonstra um exemplo de recipiente para a coleta de REI.



Figura 33 - Contêineres para coleta de REI.
Fonte: <http://www.allgreenrecycling.com>.

Centro de triagem

Esses resíduos devem ser encaminhados para um centro de triagem específicos, esse centro terá como função a separação dos materiais presentes nos REI, de acordo com o tipo de material (plástico, vidro, metais não ferrosos e ferrosos).

A figura 34 mostra um modelo de CT-REI e suas respectivas etapas: recebimento do equipamento pode ser utilizado se não, pesagem total do material, desmontagem, separação dos materiais presentes nos REI, de acordo com o tipo

específico de material (plástico, vidro, materiais não ferrosos e ferrosos); pesagem de cada componente, destinação para parceiros recicladores que fazem a reciclagem do material, envio do material triturado para países com tecnologia para extração dos metais, retornando a cadeia produtiva novamente, na produção de novos equipamentos.

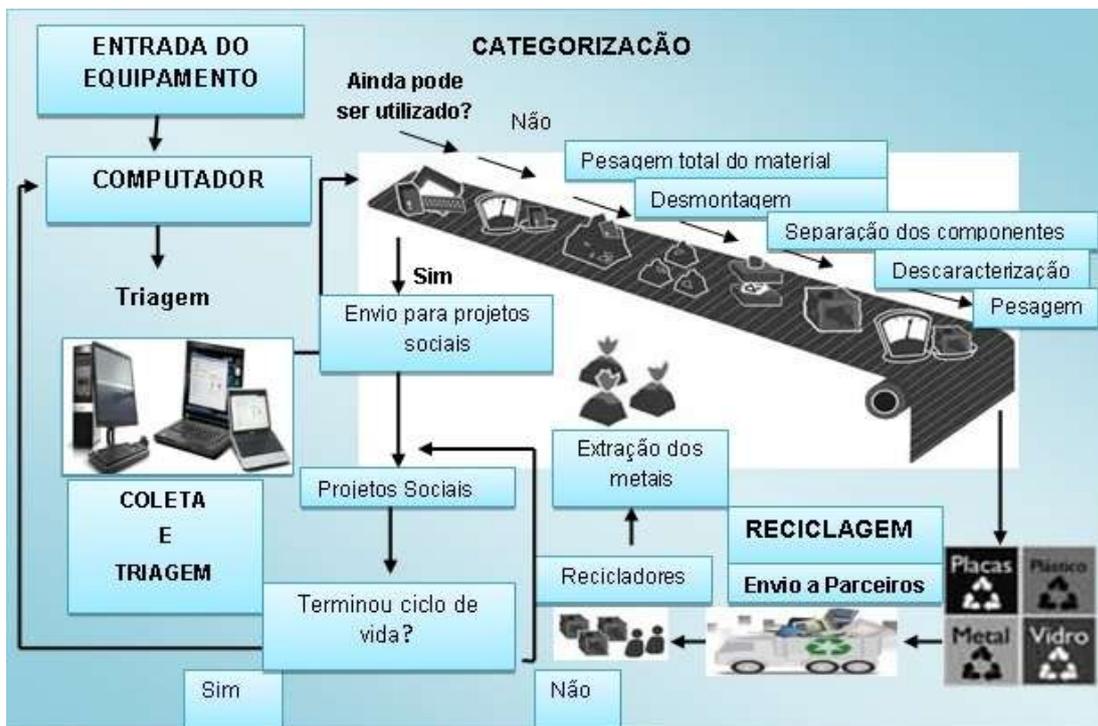


Figura 34 - Sugestão para CT-REI.
Fonte: Autoria própria.

A quantidade de cada equipamento deve ser estabelecida de acordo com o volume de resíduos a ser triado, sugere-se:

De acordo com a revisão bibliográfica e comprovada nas visitas às empresas triadoras de Equipamentos de Informática e na reciclagem de placas de circuito impresso, sugere-se que os materiais sejam manipulados da seguinte forma:

- CRT: sejam retirados dos PCS, sem quebrar o tubo e que sejam comercializados inteiros revestidos por plástico, agregando maior valor de mercado e evitando danos ao meio ambiente e à saúde do trabalhador.
- Placas de circuito impresso: separadas por tipo, ou seja, placa verde e marrom, descaracterizadas (fragmentadas), pois a placa marrom não tem um grande valor de mercado por ser feita de papel e resina fenólica. As

placas verdes são feitas tipicamente de resina epóxi, fibra de vidro e cobre e possuem alto valor comercial.

A opção da não separação dos componentes presentes no interior dos CTR possibilita ao CT-REI o seu funcionamento com um maquinário mais simplificado, sendo necessários:

- Uma bancada para desmanufatura do REI;
- Uma faca industrial de corte ou um triturador para placas de circuito impresso;
- Furadeira para retirada dos parafusos;
- Ferramentas específicas para desmontagem de equipamentos;
- Contêineres para cada tipo de material;
- Equipamentos de proteção individual.

A figura 35 apresenta uma bancada onde o REI é separado por tipo.



Figura 35 - Bancada para Separação dos EI.
Fonte: Autoria própria.

Para um efetivo gerenciamento de REI no Município do Rio de Janeiro, deve-se aplicar o monitoramento para avaliação dos resultados. Tal avaliação é de grande importância, pois, por meio dela, torna-se possível identificar as etapas que necessitam de correções em busca da melhoria contínua do processo. O monitoramento deve avaliar todas as etapas, desde a educação ambiental até a destinação final. Os resultados encontrados a partir do monitoramento devem estar disponíveis para os envolvidos. Portanto sugere-se:

- Identificar o número de importadores e comerciantes de Equipamentos de Informática no município;
- Percentual de estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta do REI;
- Número de estabelecimentos recebedores do REI;
- Número de agentes envolvidos no programa de coleta dos resíduos;
- Percentual de geração de emprego e renda;
- Grau de conhecimento do programa pela população;

A quantidade de resíduos recebidos por dia, estimativa da quantidade de resíduos que deixaram de ser encaminhados aos lixões. Definidos os indicadores, os dados podem ser coletados por técnicos (manualmente), por meio de planilhas simples que podem ser adaptadas para cada situação.

6 Conclusão e Sugestões

6.1 Conclusão

A geração dos Resíduos de Equipamentos de Informática encontra-se em expansão, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. O estudo tratou, especificamente, da cidade do Rio de Janeiro. O aumento do consumo pela redução dos preços de venda, a crescente inovação tecnológica e a diminuição do tempo de vida útil são fatores que contribuem para o seu descarte.

No Município do Rio de Janeiro as iniciativas de gestão para esses resíduos partem de governos estaduais isoladamente, como ONG's e governo federal. Todas tentam mitigar o descarte incorreto proporcionando a capacitação de jovens em projetos de condicionamento de computadores para fomento da inclusão digital (CRC). Mesmo com essas medidas os resíduos gerados nestes programas, não têm a previsão para um descarte final sustentável.

A estimativa de geração identificada no diagnóstico mostra a necessidade de se propor um sistema de gerenciamento de Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro, pois há um alto nível de produção destes resíduos e sua destinação final é considerada inadequada, por falta de planejamento e busca por novas atitudes, acabam dificultando a destinação final correta destes resíduos. Tudo isto, pôde-se verificar a partir do estudo de fluxo dos computadores nos subdistritos no Município.

A diversidade da destinação dos Equipamentos de Informática pós-consumo está diretamente relacionada ao fator cultural, ao poder econômico e às legislações específicas de cada país. Em países onde a legislação para REEEs, que inclui a categoria do REI, já está implantada, o reuso e a reciclagem são os destinos mais abrangentes, porém, em países onde não há normativas específicas torna-se necessário implementar modelos de gestão.

Apesar de uma Lei que abrange resíduos em geral, é de suma importância uma que seja específica para os computadores. Mesmo havendo projetos de

iniciativas privadas e ONG's, as leis que estão em vigor são ainda precárias para a tão problemática questão que envolve acúmulos do REI no Município do Rio de Janeiro.

A necessidade da adequação de um Protocolo de REI para o Município veio de todas essas questões que precisam ser reavaliadas e analisadas cautelosamente. O reaproveitamento de determinados elementos, até mesmo os plásticos e os vidros são justificados no intuito de proteger o meio ambiente e, assim evitar danos causados à saúde do homem.

Os impactos ambientais negativos decorrentes da disposição inadequada dos Resíduos de Equipamentos de Informática juntamente com a perda econômica, proveniente da não valorização dos materiais recicláveis presentes na sua composição, são questões de grandes discussões que envolvem tanto os setores privados como os governamentais.

Neste contexto, a proposta do modelo adequado de gestão de Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro, vai evitar o desperdício e o acúmulo exacerbado de peças e metais que ainda apresentam determinado valor comercial.

6.2 Sugestões

Em contribuição ao desenvolvimento do trabalho de gestão de Resíduos de Equipamento de Informática, descreve-se aspectos que devem ser estudados em trabalhos futuros.

- Formular normativas específicas para a gestão de Resíduos de Equipamentos de Informática para que possa promover a facilidade da coleta e reciclagem dos Resíduos em questão.
- A partir da formulação dos Pontos de Coleta possa quantificar e diagnosticar a quantidade dos Resíduos de Equipamentos de Informática, na cidade do Rio de Janeiro, criando-se assim pesquisas para o crescimento do setor da reciclagem do REI.
- Adaptar o centro de triagem para recebimento dos Resíduos de Equipamentos de Informática, na cidade do Rio de Janeiro, para que a

mesma possa fazer uma destinação adequada dos resíduos dentro das suas fronteiras, proporcionando assim, o crescimento da economia da cidade.

- Implantar o Plano de Gestão de Gerenciamento de REI, para que possa diagnosticar o fluxo dos Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro.
- Fazer um levantamento preliminar das características, logística e a gestão de toda a cadeia produtiva desses resíduos.
- Investimento em pesquisas para a minimização da extração desses resíduos de Equipamentos de Informática, para que possa reutilizar e reciclar.

7

Referências Bibliográficas

ABINEE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. 2009. Disponível em: <<http://www.Abinee.org.br/>>. Acesso em: 12 fev. 2012.

AMBIENTE BRASIL. **Tratamento de lixo tecnológico no Brasil e na União Européia** Disponível em: <http://www.ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/tratamento_de_lixo_tecnologico>. Acesso em: 18 mar. 2012.

ANDRADE, R. **Caracterização e Classificação de placas de circuito impresso de computadores como resíduos sólidos**. Campinas, São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade de Campinas.

ANVISA. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, 2006. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_gerenciamento_residuos.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2013.

ARGENTINA. **Subsecretaria de Coordinassem de Políticas Ambientales**. Subgrupo de trabajo, n. 6, Medio Ambiente. Disponível em: <<http://www.ambiente.gov.ar/?Idseccion=31>>. Acesso em: 15. Abr. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIRCUITOS IMPRESSOS- ABRACI. **Placas de circuito Impresso**. Disponível em: <<http://www.abraci.org.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE PRODUTOS ELETRÔNICOS – ELETROS. **Histórico de Vendas Industriais**. São Paulo, Disponível em: <http://www.eletros.org.br/_historico_de_vendas_industriais.htm>. Acesso em: 20 dez. 2011.

BADILLA-SAXE, E. **Las nuevas metáforas de La tecnologia**. 2005. Disponível em: <<http://www.cientec.or.cr/ciencias/innovacion/metforas.html>> Acesso em: 15 fev. 2013.

BARBOSA FILHO, A. A. **Segurança do trabalho e gestão ambiental**. Câmara dos Depudos. São Paulo: Atlas, 2001. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/busca>>. Acesso em: 15 set. 2011.

CARVALHO, E. **Metodologia para a quantificação e caracterização física dos resíduos sólidos urbanos**. Lisboa, 2005. Dissertação (Mestrado em engenharia Sanitária) FCT/UNL.

CASTELLS, M. **O Poder da Identidade**. Rio de Janeiro, RJ : Paz e Terra, 2002.

CETELEM-BCN. **O Observador - Brasil 2012**. Desenvolvido pela Cetelem-BGN em parceria com a IPSOS–Public Affairs. 2012. Disponível em: <http://www.cetelem.com.br/portal/Sobre_Cetelem/Observador.shtml>. Acesso em: 23 mar. 2012.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS - CCE. **Commission tackles growing problem of electrical and electronic waste Comissão Europeia**. Press release - 13 June. Brussels, 2000.

_____. **Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council on WEEE & a Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council on the restriction of use certain hazardous substances in EEE**. Comissão Europeia: COM 347. 2000.

COMISSÃO EUROPEIA. **Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on waste electrical and electronic equipment (WEEE) (Recast)**. 2008. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/com_2008_810.pdf> Acesso em: 20 fev. 2012.

_____. **Questions and answers on the revised directive on waste electrical and electronic equipment (WEEE)**. Brussels, 2008.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – COMLURB. Disponível em: <http://www.comlurb.rio.rj.gov.br/gestao_opera.asp> Consultado em: 17 abr. de 2011.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM - CEMPRE. Pesquisa. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/eletroeletronicos/descarte.Php>>. 13 out. 2011.

CONVENÇÃO DA BASILEIA DE 1989. Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação. 1989. Disponível em: <www.basel.int>. Acesso em: mai. 2012.

DIRETIVA 2012/19/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) (reformulação). **Jornal Oficial da União Europeia de 24.7.2012**. L 197/38. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:PT:PDF>>. Acessado em 02 mai. 2012.

EUROPEAN ELECTRONIC RECYCLERS ASSOCIATIONS - EERA. **Towards sustainable WEEE recycling**. The Netherlands. 2007.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – EEA. **Waste from electrical and electronic Equipment (WEEE): quantities, dangerous substances and treatment methods**. European Environment Agency, Copenhagen. 2003.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. ADEME. Disponível em: <<http://www.ademe.fr>>. Acessado em: 20 mai. 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Perguntas frequentes sobre Política Nacional de Resíduos Sólidos**. FIESP, Departamento de Meio Ambiente. São Paulo: FIESP, junho de 2012. Disponível em: <<http://www2.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/perguntas-frequentes-sobre-politica-nacional-de-residuos-solidos-2/>>. Acessado em: 27 jul. 2012.

FREITAS, D. M. **Diagnóstico e Proposta de Modelo de Gestão dos Resíduos Eletroeletrônicos gerados nos Ministérios do Governo Brasileiro**. Pró-Reitoria de Pós-graduação e Pesquisa Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Católica de Brasília. 2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - FEAM. **Como destinar os resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: FEAM, 1996. Disponível em: <<http://www.feam.br>>. Acesso em 20 mar. 2012.

_____. **Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Junho de 2009.

GRINGS, E. S. **A Representação do espaço cibernético pela criança na utilização de um ambiente virtual**. Porto Alegre, 1998. Tese (Doutorado em Psicologia) Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GUERRA, S. **Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro. Ed. Forense. 2012.

HANG, H. Y.; SHOENUNG J. M. **Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options**. Resources Conservation & Recycling, Elsevier, v.45, p. 368-400, 2005.

HESTER, R. E.; HARRISON, R. M. **Electronic Waste Management - Design, Analysis and Application**. Royal Society of Chemistry Publishing. Cambridge, UK. 2009.

HICKS, C.; DIETMAR, R.; EUGSTER M. The recycling and disposal of electrical and electronic waste in china- legislation and market responses. **Environmental Impact Assesment Review**, v. 25, n. 5, 2005, p. 459-471m Elsevier.

HISCHIER, R.; WAEGER, P; GAUGLHOFER, J. Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic Equipment (WEEE). **Environmental Impact Assessment Review**, Elsevier, v. 25, p. 525-539, 2005.

I SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS DA USP – São Carlos Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/shs/neper/isimposio/palestras/03122009tarde/DENNIS_BRANDAO-Reciclates.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2012.

ICER. WEEE – GREEN LIST WASTE STUDY. Industry Council for Electronic Equipment Recycling. 2004. Obtido em Novembro de 2008, de <<http://www.icer.org.uk/ExportsReportFinal.pdf>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2006/default.shtm>>. Acesso em: 10-10-2012.

ITAUTEC. **Itautec e Sustentabilidade, Guia do Usuário Consciente de Produtos Eletrônicos**. 1º Edição, Junho 2010. Disponível em: <<http://itaute.com.br/sustentabilidade/ti-verde/centro-de-reciclagem>>. Acesso em: 21 jan. 2012.

KANG, H. Y.; SHOENUNG J.M. **Electronic waste recycling**: A review of U.S. infrastructure and technology options. *Resources Conservation & Recycling*, Elsevier, v.45, p.368-400, 2005.

KHETRIWAL, D. S; KRAEUCHI, P; WDMER, R. **Producer responsibility for e-waste management**: Key issues for consideration – Learning from the Swiss experience, *Journal of Environmental Management*, p. 1-13, 2007.

LAURINDO, F. J. B; CARVALHO, M. M. Outsourcing e geração de valor na indústria de computadores pessoais (PCs): estudo de múltiplos casos. *Gestão e Produção*, v. 10, n. 3, p. 363-377. 2003.

LEE, C. H et al. An overview of recycling and treatment of scrap computers. **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, v. 114, p. 93-100. 2004.

_____. Management of scrap computer recycling in Taiwan. **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, v. 73, p. 209-220. 2000.

_____. Na overview of Recycling and treatment of scrap computers. **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier v. 114, p.93-100. 2004.

LEE, J. C.; SONG, T. H; YOO, M. J. **Present status of the recycling of waste electrical and electronic Equipament in Korea**. *Resouces, conservation & Recycling*, Elevier, v.50, p.380-397. 2007.

LEITE, P. R. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. 3. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. 250 p.

_____. _____. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

LIMA, L. M. Q. **Lixo, tratamento e Biorremediação**. 3. Ed. São Paulo: Hemus, 1995.

LIXO ELETRÔNICO LEIS INTERNACIONAIS. Disponível em: <www.lixoeletronico.org/blog/legislacao-internaciona-comparada-de-lixo-eletronico>. Acesso em: 14 jan. 2012.

LONDON METAL EXCHANGE. **Mercado dos Metais**. Disponível em: <<http://www.kitico.com.url>>. Acesso em: 25 nov. 2011.

LOUBET, L. F. **Logística Reserva (Responsabilidade Pós-Consumo) Frente ao Direito Ambiental Brasileiro – Implicações da Lei 12.305/2010**. [2011]. Disponível em: <<http://www.mpambiental.org/?acao=doutrinas-pop&cod=151>>. Acessado em: 28 jul. 2011.

LUÍZIO, M. **Gestão de resíduos de equipamentos eléctricos electrónicos - proposta para um modelo de gestão de REEEs em Portugal**. Trabalho de final de curso, Instituto Superior Técnico, Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Portugal, 2004.

MACOHIN, A. **A sustentabilidade na informática-reciclagem e eliminação dos produtos tóxicos das peças de computadores 2007**. Disponível em <[http://direitoerisco.com/site/artigos/A%20sustentabilidade%20inform%20eltica%96%20Reciclagem%20Aline Macohin.pdf](http://direitoerisco.com/site/artigos/A%20sustentabilidade%20inform%20eltica%96%20Reciclagem%20Aline%20Macohin.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2011.

MANO E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2. Ed. ver. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 1999, p.191.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1. Ed. São Paulo: EDUSP, p., 2005.

MAPA DA EXCLUSÃO DIGITAL, **Tecnologia da Informação, Aspectos Sociais, Inclusão Digital, Nova Classe Média, Isolamento Social, Inclusão Social**, Fundação Getúlio Vargas, Centro de Políticas Sociais, 2012.

MATSUTO, T.; JUNG, C.H.; TANAKA, N. Material and heavy metal balance in a recycling facility for home electrical appliances, **Waste Management**, Elsevier, v.24,p.425-436, 2001

MCKERLIE, K.; KNIGHT, N.; THORPE, T. Advancing Extend Producer Responsibility in Canadá, **Journal of Cleaner Production**, v. 14 p.616-628, Elsevier, 2006.

MENAD, N. Cathode **Ray tube recycling**. **Resources Conservation and Recycling Elsevier**, v.26, p.143-154, 1998.

MENETTI, R. p.; Chaves, A.P.; Tenório, J. A. S. **Recuperação de Au e Ag de Concentrados Obtidos a partir de Sucata Eletrônica**. In: 51º Congresso Anual da ABM, 1996 (b), Porto Alegre, v 4, p.17-18.

MERCOSUL. **Acuerdo sobre Política Mercosur de Gestión Ambiental de Residuos Especiales de Generación Universal y Responsabilidade Post Consumo**. I REUNIÃO EXTRAORDINÁRIA DE MINISTROS DE MEIO AMBIENTE, Anexo, Curitiba, Brasil, 29 de março de 2006.

MICROELECTRONICS AND COMPUTER TECHNOLOGY CORPORATION – MCC. **Electronics Industry Environmental Roadmap**. Austin, TX: MCC, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Procedência: 3º reunião do GT de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos acontecimento no dia 27 e 28 de julho de 2010 com assunto da Regulamentação da gestão dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no país. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2011.

MUSEU DO COMPUTADOR Disponível em: <<http://www.museudocomputador.com.br/cronologia.Php>>. Acesso em 08-09-2011.

NERI, M. C.; MELO, L. C. C. de, CORSI, A. P.; MONTE, S. dos R. M. **Inclusão Digital no Rio de Janeiro**. Inteligência Empresarial (UFRJ). , v.14, p.10-16, 2003.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Países-membros das Nações Unidas**. ONU (website). New York, 2011. Disponível em: <<http://www.onubrasil.org.br>>. Acesso em: 30 Jan. 2011.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD. **Technical Guidance for the environmentally sound management of specific waste streams: used and scrap Personal Computers**, Environment Policy Committee, p.1-21, 2003.

OTT, D. **Gestión de residuos electrónicos em Colombia**: diagnóstico de computadores y Teléfonos Celulares. Federal Institute for Material Tsting and Research (EMPA), 2008.

PARLAMENTO EUROPEU e do Conselho. Directiva n.º 2002/95/CE, de 27 de Janeiro de 2003, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. **Jornal Oficial da União Europeia**, L37, p.19-23. 2003.

PARLAMENTO EUROPEU. REEE. **Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu** e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003.

PARRA, P. H. E; PIRES, S. R. I. Análise da gestão da cadeia de suprimentos na indústria de computadores. **Gestão & Produção**. v. 10 n. 1, São Carlos, 2003.

PLEPYS, A. Implications of Globalization and New Product Policies for the Suppliers form developing Countries, International Symposium on Eletronics and the Environment 2002, San Francisco. **Anais, IEEE**, 2002, p.202 a 208.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Lixo eletrônico entre países emergentes**. 2010. Disponível em <<http://www.pnuma.gov.br>>. Consultado em: 24 mar. 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO, Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

PROTOMASTRO, G. F **Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos em Argentina**. E-srap, Ecogestionar-Ambiental Del Sud AS: Buenos Aires, 2007.

PUCKETT, J.; Byster, L.; Westervelt, S.; Gutierrez, R.; Hussain, A. **Exporting Harm – the High-Tech Trashing of Asia**. Seattle: The Basel Action Network and Silicon Valley Toxics Coalition. 2002.

PUCKETT, J.; Westervelt, S.; Gutierrez, R.; Takamiya, Y. **The Digital Dump – Exporting Reuse and Abuse to Africa**. Seattle: Basel Action Network. 2005.

QUEIRUGA, D. et al. Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain. *Waste Management*, 10.1016/j.wasman. 2006.11.001. 2006.

QUINTANILHA, L. A gestão sustentável do resíduo eletroeletrônico. **Revista Meio Ambiente Industrial**, 39. Setembro/Outubro, 2009.

RANDAL, P. **The Camfield Estates- MIT Creating Community Connections Project**: Strategies for Active Participation in a Low-to Moderate-Income Community. 2001 Disponível em: <<http://xenia.media.mit.edu/rpinkett/papers/kyoto2002.pdf>> > Acesso em: 22 dez. 2012.

RESNICK, M. **Turtles Termites and Traffic Jams**: Explorations in Massively Parallel Microwords. Cambridge, MA: MIT Press, 1997.

REVISTA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA v.III, n. 3, Ano 2008, com Tema **A Sociedade da Informação e o Desafio da Sucata Eletrônica**. Microelectronics and Computer Technology Corporation 2000<<http://www.tec.abinee.org.br/arquivo/702.pdf>>. Acesso em: 21-10-2011.

RIBEIRO, L. **Caracterização de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE) por categorias Legais**: Caso de Estudo Amb3E. Lisboa, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão Sistemas Ambientais) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa .

RIS International, FIVE WINDS **International e ELECTRO-FEDERATION CANADA**. Baseline Study of End-of-Life Electrical and electronic in Canada, Relatório preparado pela Environment Canadá, 2003.

RODRIGUES, A. C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. São Paulo, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba.

ROMAN, G. **Diagnóstico sobre La Generación de basura electrónica**. Instituto Politécnico Nacional México, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo México D. F., 2007.

ROSANA, F. **Protocolo de referência para gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. Trabalho de final de curso, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais.

SACRISTIAN, G. **Educar e conviver em la cultura global**. Madri, Espanha: Morata, 2001.

SANTOS, C. C.; SORRENTINO, M. **Formação de Educadores Ambientais: Em busca da Potência de ação** 2005. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/gt/sociedade_do_conhecimento/Santos20cl%EIndia%20Coelho.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2013.

SARAIVA, A. L. Construindo a Sustentabilidade à partir da PNRS e o Impacto Socioambiental por trás desta Ação. SEMINÁRIO DE POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - DIRETRIZES, PLANOS, RESPONSABILIDADES E INSTRUMENTOS. USP. 27 de outubro de 2010. Disponível em: <http://www.participare.org.br/04_biblioteca/quadro_1/palestras_residuos.htm>. Acesso em: 07 jul. 2012.

SATTERTHWAITE, D. et al. **The Environment for Children**. London: Earthscan Publications Ltd, 1996.

SCHLUEP, M.; HAGELUEKEN, C. et al. Recycling - From E-Waste To Resources. UNEP - United Nations Environment Program, Junho 2009. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=DTI/1192/PA>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

SCHWARZER, S.; Giuliani, A.; Klusser, S.; Peduzzi, P. E-waste, the hidden side of IT equipment's manufacturing and use. 2005. Obtido em 2009 de Janeiro. disponível em: http://www.grid.unep.ch/publication/download/ew_ewaste_en.pdf.

SENA, F. R. **Evolução da Tecnologia Móvel Celular e o Impacto nos Resíduos de Eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) Departamento de Engenharia Urbana e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SILVEIRA, S. A. **Software Livre e Inclusão Digital**. São Paulo, SP: Conrad Livros, 2003.

STEP. Solving the E-Waste Problem. **Annual Report**, 2010. Disponível em: <http://www.step-initiative.org/pdf/annual-report/Annual_Report_2010.pdf>. Acesso em: 20 set. 2012.

STEUBING B. **E-Waste generation in Chile, situation analysis and estimation of actual and future computer waste quantities using material flow analysis**. Institute of Environmental Science and Technology / Technology and Society Lab. Federal Institute of Technology (EPFL) / Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA): Lausanne / St. Gallen Switzerland. 2007.

TRATAMENTO DE LIXO TECNOLÓGICO. Disponível em <http://www.achetudoeregiao.com.br/lixo_recicli/lixo_tecnologico.htm. Acesso em: 22 fev. 2012.

U.S. CENSUS BUREAU. **International Data Base - Total Midyear Population for the World: 1950-2050.** Disponível em: <<http://www.census.gov/population/international/data/idb/worldpoptotal.php>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

UNCTAD United Nations Conference on Trade and Development, Strengthening participation of developing countries in dynamic and new sectors of world trade: Trends, issues and policies in the electronics sector, TD/B/COM.1/EM.28/2, Genebra, 2005. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/reunctad.pdf>> Acesso em 15 mai. 2012.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. USGS. **Obsolete Computers, “gold mine” or High-Tech Trash? Resource Recovery from Recycling,** USGS Fact Sheet FS-060-0. 2001.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Centro de Computação Eletrônica. Disponível em: <<http://www.cce.usp.br/?q=node/266>>. Acesso em: 25 set. 2012.

UNU. 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste and Electrical and Electronic Equipment (WEEE). United Nations University. Relatório Final, Bonn. 2007.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Electronic Waste Management in the United States.** Disponível em: <http://epa.gov/ozone/title6/608/disposal/household.html>> Acesso em: 02 abr. 2012.

_____. **Ozone Depletion: Regulatory Programs.** Disponível em: <http://epa.gov/ozone/title6/608/disposal/household.html>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

VALENTE, J. A. **A análise de diferentes tipos de software usados na educação.** Campinas, SP: UNICAMP, 1998.

VEHLOW, J. et al. **Recycling of bromine from plastics containing brominated flame retardants in state-of-the-art combustion facilities.** Association of Plastics Manufactures in Europe, 2002.

VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M.; Ferreira, J. Z.; TENÓRIO, J.A.S. Recovery of copper from printed circuit boards scraps by mechanical processing and electrometallurgy. **Journal of Hazardous Materials**, v. B137, p. 1704-1709, 2006.

WARSCHAUER, M. Reconceptualizing the Digital Divide. 2002. Disponível em: <http://www.firstmonday.dk/issues/issue7_7/warschauer/> Acesso em: 12 fev. 2013.

WIDMER, R. et al. Global perspectives on e-Waste. **Environmental Impact Assessment Review**, Elsevier, v. 25, p.436-458. 2005.

ZIGLIO, L. **Convenção de Basileia e o destino dos resíduos industriais no Brasil**. São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) Universidade de São Paulo.