



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

**Centro de Tecnologia e Ciências**

**Faculdade de Engenharia**

**Vanda Sueli Mondego**

**Estudo dos resíduos eletroeletrônicos de uma prestadora de serviços do  
setor naval, com vistas ao gerenciamento ambiental**

**Rio de Janeiro**

**2012**

Vanda Sueli Mondego

**Estudo dos resíduos eletroeletrônicos de uma prestadora de serviços  
do setor naval, com vistas ao gerenciamento ambiental**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle da poluição urbana e industrial.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Celina Aída Bittencourt Schmidt

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

|      |   |
|------|---|
| M741 | <p>Mondego, Vanda Sueli.</p> <p>Estudo dos resíduos eletroeletrônicos de uma prestadora de services do setor naval, com vistas ao gerenciamento ambiental / Vanda Sueli Mondego. - 2012.<br/>207f.</p> <p>Orientadora: Celina Aída Bittencourt Schmidt.<br/>Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.</p> <p>1. Engenharia Ambiental. 2. Resíduos sólidos – Dissertação. 3. Aparelhos e materiais elétricos - Dissertação. 4. Aparelhos e materiais eletrônicos - Dissertação. I. Meirelles, Margareth Simões Pennelo. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 628.4.038</p> |
|------|---|

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Vanda Sueli Mondego

**Estudo dos resíduos eletroeletrônicos de uma prestadora de serviços  
do setor naval, com vistas ao gerenciamento ambiental**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle da poluição urbana e industrial.

Aprovado em 13 de março de 2012.

Banca examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Celina Aída Bittencourt Schmidt (Orientadora)

Faculdade de Engenharia - UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Thereza Christina de Almeida Rosso

Faculdade de Engenharia - UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Ghislane Pereira Van Elk

Consultora

Rio de Janeiro

2012

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação ao meu pai, Affonso Mondego (*in memoriam*), mentor da minha jornada na estrada do saber.

## **AGRADECIMENTOS**

As palavras nem sempre traduzem os sentimentos, sobretudo os de gratidão. Assim, dirigindo-me àqueles que, em momentos diferentes, contribuíram para que este estudo se tornasse realidade, agradeço:

A Deus por me amparar em todos os momentos da minha vida.

À minha família e aos amigos pelo apoio incondicional durante a realização deste trabalho, sobretudo ao meu companheiro Antonio Paulo.

À minha irmã Lucia, inspiração para que eu me tornasse engenheira.

À Professora Dr.<sup>a</sup> Celina Aída Bittencourt Schmidt que, além de excelente orientadora, demonstrou grande amizade e apoio para superar as minhas dificuldades.

À Dr.<sup>a</sup> Ana Alice pelo incentivo constante ao abraçamento desse desafio.

Ao Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha (CMS), em especial ao Exmo Sr Contra-Almirante Alexandre Araújo Mota, ao Sr Capitão-de-Mar-e-Guerra (EN) Álvaro Luís de Souza Alves Pinto e ao Sr Engenheiro Renato Barroso Cunha pela oportunidade de realização desse projeto e apoio durante o seu desenvolvimento.

Ao Setor de Meio Ambiente do Arsenal de Marinha, AMRJ-08, pelas informações e esclarecimentos concedidos.

Aos amigos e colaboradores Viviane Montebelo, Eliane Oliveira, William Melgaço Santos, Márcia Franco, Antonio Wilson de Sousa e Guilherme Reis Tavares da UERJ, Luís Gustavo dos Santos Oliveira, Lúcio Luiz Pereira de Souza, Flávia Bastoni e demais colegas do CMS, Christian e Bruno Peixoto Vieira, filhos do coração.

Em 2006, Stephen Hawking escreveu que a grande esperança da espécie humana de sobrevivência no futuro seria abandonar a terra e procurar um novo mundo. Mas, enquanto isso, pode ser uma boa ideia ter um plano B.

*Christopher Potter*

## RESUMO

MONDEGO, Vanda Sueli. **Estudo dos Resíduos Eletroeletrônicos de uma Prestadora de Serviços do Setor Naval, com vistas ao seu Gerenciamento Ambiental**. 2012, 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Esta pesquisa usou o estudo de caso para analisar os resíduos eletroeletrônicos gerados em uma Empresa prestadora de serviços atuante no setor naval. Após breve reflexão sobre a relação homem-natureza, apresenta-se o conceito de resíduos sólidos e suas classificações, introduzindo-se dados que embasam o impacto dos eletroeletrônicos na geração de resíduos no Brasil. Em seguida, discorre-se sobre a evolução da eletricidade e da eletrônica até os dias atuais, passando-se a comentar os aspectos e impactos da produção e descarte dos dispositivos eletroeletrônicos, que utilizam algumas substâncias tóxicas em sua manufatura. Destacam-se alguns caminhos alternativos para os resíduos eletroeletrônicos como o reuso, o reaproveitamento e a reciclagem que abriam caminhos para novos negócios. O estudo se volta para uma abordagem da legislação ambiental, mencionando aspectos da legislação dos Estados Unidos e da Europa, além de discorrer sobre fatos relevantes do ordenamento jurídico ambiental brasileiro, com ênfase na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esta Seção se encerra com um breve resumo do alinhamento do setor naval à legislação ambiental, através do uso das normas ISO da série 14.000. Prossegue-se com a descrição da Empresa onde se realizou o estudo de caso, apresentando-se um resumo acerca de sua trajetória, estrutura de funcionamento e a situação da gestão ambiental. Em seguida, é descrita a metodologia usada para o desenvolvimento do estudo de caso, detalhando-se os tipos de pesquisa e procedimentos utilizados para a caracterização dos resíduos eletroeletrônicos, bem como as ferramentas de gestão usadas para sua análise. Discorre-se, então, sobre o estudo de caso realizado na Empresa, com a apresentação das ações e pesquisas realizadas acerca de seus processos de geração e descarte de resíduos eletroeletrônicos. Os dados obtidos neste estudo foram analisados à luz do conhecimento ambiental e gestor e, com o auxílio de algumas ferramentas de gestão, foram selecionados os resíduos eletroeletrônicos mais impactantes e os com possibilidade de serem gerenciados pela Empresa. Encerrando o trabalho, as conclusões sobre o estudo e as sugestões para a melhoria do gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos são disponibilizadas para uso da Empresa, propondo-se também a implementação de um sistema de gerenciamento integrado para todos os resíduos nela gerados.

Palavras-chave: Resíduo eletroeletrônico; Componente eletroeletrônico; Gerenciamento de resíduo eletroeletrônico.

## ABSTRACT

Summary: This research has used the case study to evaluate the e-waste generated in a Company acting in the Navy segment. After a reflection about the relationship between man and nature, the concept of solid waste and its classifications is presented, commenting the impact of the electric and electronic devices in Brazilian e-waste generation. Then, the evolution of the use of electricity and electronic until current days is mentioned, commenting the environmental aspects and impacts of the production and discard of electrical and electronic equipment that are manufactured with hazardous substances. Highlighting some alternatives ways to reuse, recovery and recycling that create new kind of business. The research then explains the environmental policy in the US and in Europe, and then moves into important facts acts in Brazilian environmental legislation, with special attention to National Policy of Solid Residues. This part ends up with the comments about the Brazilian navy alignment to environmental policy, by using the directions of legislation ISO 14.000. After that, there is a brief about the case study Company including its trajectory, pattern of organization and environmental management situation. In the following step, is detailed the methodology that was used, which kind of survey and process were adopted to characterize the electric and electronic residues, as well the proper management tools used to analyze the results. Then, is mentioned the actions and researches were developed, about the electric and electronic components process of generation and discard, in the Company under the study case. The data from the study were performed by using the environmental and manager knowledge, selecting those with potential to impact the environment the most and, using proper management tools, being presented the achieved results. Finalizing, the conclusions about the study and the suggestions to improve the management of e-waste were available to be used by the Company, also proposing the establishment of an integrated management system to all residues generating by the Company.

Keywords: E-waste; Electrical and electronic component; E-waste management.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Gráfico do lixo eletrônico derivado de computador pessoal (kg/hab/ano) .....         | 26 |
| Figura 2 - Gráfico do lixo eletrônico derivado de telefone celular (kg/hab/ano) .....           | 26 |
| Figura 3 - Campanha Natal da ELETORRECICLAGEM, dezembro de 2011 .....                           | 37 |
| Figura 4 - Vista aérea do complexo de edifícios da Empresa, fevereiro de 2010 .....             | 48 |
| Figura 5 - Vista aérea do complexo de edifícios da Empresa, abril de 2010 .....                 | 49 |
| Figura 6 - Sucatas eletroeletrônicas armazenadas nas Seções do Departamento de Eletrônica ..... | 55 |
| Figura 7 - Visualização gráfica da aplicação de Pareto .....                                    | 62 |
| Figura 8 - Paio de material com baixa de uso e Paio de Informática .....                        | 68 |
| Figura 9 - Sucatas eletroeletrônicas nas Seções do Departamento de Eletrônica .....             | 68 |
| Figura 10 - Palestra sobre resíduos sólidos realizada na Empresa .....                          | 69 |
| Figura 11 - Material de apoio usado para a coleta seletiva .....                                | 71 |
| Figura 12 - Lixeiras identificadas para a coleta seletiva .....                                 | 71 |
| Figura 13 - Balança para pesagem dos REEE da coleta seletiva .....                              | 72 |
| Figura 14 - Recolhimento e pesagem dos sacos de lixo com os REEE .....                          | 73 |
| Figura 15 - Exemplo de página do relatório 30-16 em seu formato original .....                  | 74 |
| Figura 16 - Balança usada na pesagem dos CEEE .....   | 76 |
| Figura 17 - REEE mais descartados no período 2008-2011 .....                                    | 85 |
| Figura 18 - Proporção dos REEE derivados de reparos, período 2008-2011 .....                    | 86 |
| Figura 19 - Visualização gráfica dos REEE em 2008 .....   | 87 |
| Figura 20 - Visualização gráfica dos REEE em 2009 .....   | 88 |
| Figura 21 - Descarte de lâmpadas fluorescentes, período 2008-2009 .....                         | 89 |
| Figura 22 - Visualização gráfica dos REEE em 2010 .....   | 90 |
| Figura 23 - Visualização gráfica dos REEE em 2011 .....   | 91 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Importações do Setor Eletroeletrônico período jan - fev, 2010 -2011 .....              | 24 |
| Quadro 2 - Produtos mais importados período jan - fev, 2010 - 2011 .....                          | 24 |
| Quadro 3 - População nos Censos Demográficos, 1960 - 2010 .....                                   | 25 |
| Quadro 4 - Composição circuito integrado LM 7810.....   | 29 |
| Quadro 5 - Composição de um computador de mesa.....   | 30 |
| Quadro 6 - Composição de um telefone celular .....  | 31 |
| Quadro 7 - Composição de um tubo de imagem de televisão .....                                     | 31 |
| Quadro 8 - Danos ocasionados à saúde por metais pesados.....                                      | 35 |
| Quadro 9 - Processos e resíduos do Departamento de Eletrônica .....                               | 51 |
| Quadro 10 - Principais processos da Empresa e seus resíduos eletroeletrônicos .....               | 52 |
| Quadro 11 - Graduação dos constituintes dos CEEE/REEE baseada na ATSDR.....                       | 59 |
| Quadro 12 - Listagem de causas do problema e frequências de ocorrência.....                       | 60 |
| Quadro 13 - Atribuição do Peso às causas do problema .....  | 60 |
| Quadro 14 - Inserção da coluna Produto (= Frequência x Peso).....                                 | 61 |
| Quadro 15 - Ordenação das Causas pelo Produto . .....   | 61 |
| Quadro 16 - Diagrama de Pareto completo. ....   | 61 |
| Quadro 17 - Critérios da matriz G.U.T.....  | 63 |
| Quadro 18 - Aplicação da matriz G.U.T ao problema estudado. ....                                  | 64 |
| Quadro 19 - Resultados da matriz G.U.T. ordenados pela soma dos critérios.....                    | 64 |
| Quadro 20 - Critérios da matriz B.A.S.I.C.O.....  | 65 |
| Quadro 21 - Exemplo de aplicação da matriz B.A.S.I.C.O .....                                      | 66 |
| Quadro 22 - Setores do Departamento de Eletrônica e os resíduos esperados.....                    | 70 |
| Quadro 23 - Exemplo de página do relatório modelo 30-16 em seu formato do Excel.....              | 75 |
| Quadro 24 - Dinâmica das Ordens de Serviço (O/S) por ano .....                                    | 81 |
| Quadro 25 - Constituintes químicos dos CEEE/REEE mais usuais na Empresa.....                      | 84 |
| Quadro 26 - Correlação da graduação de periculosidade para aplicação da técnica<br>de Pareto..... | 92 |
| Quadro 27 - CEEE/REEE com suas graduações para a análise por Pareto .....                         | 92 |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 1 - Composição gravimétrica dos Resíduos obtidos na coleta seletiva nas Seções do Departamento de Eletrônica ..... | 79  |
| Tabela 2 - Quantidade de eletroeletrônicos com baixa de uso. ....   | 80  |
| Tabela 3 - Requisições de CEEE atendidas no período de 03 a 26/05/11.....   | 82  |
| Tabela 4 - Quantidades de REEE geradas em kg, no período 2008-2011 .....  | 85  |
| Tabela 5 - Geração em kg de REEE derivados de reparo, período 2008-2011.....  | 86  |
| Tabela 6 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2008.....   | 93  |
| Tabela 7 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2009 .....  | 94  |
| Tabela 8 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2010.....   | 94  |
| Tabela 9 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2011.....   | 95  |
| Tabela 10- Aplicação da técnica de Pareto aos REEE acumulados no período<br>2008-2011 .....                               | 96  |
| Tabela 11 - Aplicação da matriz G.U.T na análise dos REEE, 2008.....  | 97  |
| Tabela 12 - Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE de 2008.....  | 98  |
| Tabela 13 - Aplicação da matriz G.U.T. aos REEE de 2009 .....   | 99  |
| Tabela 14 - Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE de 2009.....  | 100 |
| Tabela 15 - Aplicação a matriz G.U.T. aos REEE de 2010.....   | 101 |
| Tabela 16 - Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE de 2010.....  | 102 |
| Tabela 17 - Aplicação da matriz GUT aos REEE de 2011.....   | 103 |
| Tabela 18 - Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE de 2011.....  | 104 |
| Tabela 19 - Aplicação da matriz G.U.T. aos REEE acumulados, período 2008-2011.....  | 105 |
| Tabela 20 - Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE acumulados, período<br>2008-2011.....                               | 106 |
| Tabela 21 - Comparativo dos resultados das análises em 2008.....  | 107 |
| Tabela 22 - Comparativo dos resultados das análises em 2009.....  | 107 |
| Tabela 23 - Comparativo dos resultados das análises em 2010.....  | 107 |
| Tabela 24 - Comparativo dos resultados das análises em 2011.....  | 108 |
| Tabela 25 - Comparativo dos resultados das análises dos REEE acumulados no<br>período de 2008-2011.....                   | 108 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| ABINEE  | Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica                  |
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                  |
| ABRELPE | Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais |
| ATSDR   | <i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>                   |
| CEEE    | Componentes Eletroeletrônico  |
| CPU     | <i>Central Processing Unit</i>  |
| DPC     | Diretoria de Portos e Costas  |
| EPA     | <i>Environmental Protection Agency</i>                                    |
| FGV     | Fundação Getúlio Vargas   |
| HSWA    | <i>Hazardous and Solid Waste Amendments</i>                               |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                           |
| IPEA    | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada                                  |
| LVAD    | Laudo de Vistoria, Avaliação e Destinação                                 |
| MIT     | <i>Massachusetts Institute of Technology</i>                              |
| NBR     | Norma Brasileira Regulamentadora  |
| NORTAM  | Normas Técnicas Ambientais  |
| ONU     | Organização das Nações Unidas   |
| PNAD    | Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios                               |
| PNUMA   | Programa das Nações Unidas para o meio Ambiente                           |
| RCRA    | <i>Resource Conservation and Recovery Act</i>                             |
| REEE    | Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico                                   |
| RoHS    | <i>Restriction of use of Hazardous Substances</i>                         |
| RSU     | Resíduos Sólidos Urbanos  |
| SGA     | Sistema de Gestão Ambiental   |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>1</b> | <b>A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS .....</b>   | <b>21</b> |
| 1.1      | <b>O homem e a natureza .....</b>  | <b>21</b> |
| 1.2      | <b>Classificação dos resíduos sólidos .....</b>  | <b>21</b> |
| 1.3      | <b>O potencial dos eletroeletrônicos na geração de resíduos no Brasil .....</b>          | <b>23</b> |
| <b>2</b> | <b>ASPECTOS E IMPACTOS DOS COMPONENTES</b>   |           |
|          | <b>ELETROELETRÔNICOS .....</b>   | <b>27</b> |
| 2.1      | <b>A evolução da eletricidade e eletrônica .....</b>                                     | <b>27</b> |
| 2.2      | <b>Os aspectos ambientais dos eletroeletrônicos .....</b>                                | <b>28</b> |
| 2.3      | <b>Os impactos dos eletroeletrônicos sobre o meio ambiente.....</b>                      | <b>33</b> |
| 2.4      | <b>Caminhos alternativos para os REEE .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>3</b> | <b>VISÃO GERAL DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL .....</b>   | <b>39</b> |
| 3.1      | <b>A legislação ambiental internacional .....</b>  | <b>39</b> |
| 3.1.1    | <u>Legislação Americana .....</u>  | <u>40</u> |
| 3.1.2    | <u>Legislação Europeia .....</u>   | <u>41</u> |
| 3.2      | <b>Fatos relevantes no ordenamento jurídico ambiental brasileiro.....</b>                | <b>42</b> |
| 3.3      | <b>O alinhamento do setor público naval à legislação ambiental .....</b>                 | <b>45</b> |
| <b>4</b> | <b>A EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS NAVAIS.....</b>                                      | <b>47</b> |
| 4.1      | <b>Breve Histórico .....</b>   | <b>47</b> |
| 4.2      | <b>Estrutura Organizacional da Empresa .....</b>   | <b>49</b> |
| 4.3      | <b>A geração dos REEE potencialmente perigosos ao meio ambiente .....</b>                | <b>50</b> |
| 4.4      | <b>O histórico da gestão ambiental na Empresa .....</b>                                  | <b>53</b> |
| <b>5</b> | <b>METODOLOGIAS DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO UTILIZADAS .....</b>                           | <b>57</b> |
| 5.1      | <b>Técnica de Pareto.....</b>  | <b>57</b> |
| 5.1.1    | <u>Conceito.....</u>   | <u>57</u> |
| 5.1.2    | <u>Classificação dos resíduos quanto à periculosidade, para aplicação de Pareto.....</u> | <u>57</u> |
| 5.1.3    | <u>Exemplo de Aplicação.....</u>   | <u>60</u> |
| 5.2      | <b>Matriz G.U.T.....</b>   | <b>63</b> |
| 5.2.1    | <u>Conceito.....</u>   | <u>63</u> |
| 5.2.2    | <u>Exemplo de Aplicação .....</u>  | <u>63</u> |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.3   | <b>Matriz B.A.S.I.C.O.</b>  | 64  |
| 5.3.1 | <u>Conceito</u>   | 64  |
| 5.3.2 | Exemplo de Aplicação  | 66  |
| 6     | <b>ESTUDO DE CASO</b>   | 67  |
| 6.1   | Pesquisa de campo   | 67  |
| 6.1.1 | Inspeção das Instalações  | 67  |
| 6.1.2 | Ações junto aos atores envolvidos   | 69  |
| 6.1.3 | Coleta Seletiva   | 69  |
| 6.1.4 | Determinação dos Pesos dos Resíduos na Coleta Seletiva  | 72  |
| 6.2   | <b>Pesquisa documental</b>  | 73  |
| 6.2.1 | <u>Análise dos relatórios 30-16 (Relação de Material Atendido por Período)</u>                                | 73  |
| 6.2.2 | <u>Determinação dos Pesos dos componentes para análise dos relatórios 30-16</u>                               | 75  |
| 6.2.3 | <u>Análise das Ordens de Serviço (O/S)</u>  | 77  |
| 6.2.4 | <u>Análise dos Laudos de Vistoria, Avaliação e Destinação - LVAD</u>  | 77  |
| 7     | <b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS</b>  | 79  |
| 7.1   | Pesquisa de Campo - Resultados da Coleta Seletiva   | 79  |
| 7.2   | <b>Resultados obtidos nos Laudos de Vistoria, Avaliação e Destinação (LVAD)</b>                               | 80  |
| 7.3   | <b>Resultados obtidos nas Ordens de Serviço</b>   | 81  |
| 7.4   | <b>Comparação entre resultados obtidos na coleta seletiva e na pesquisa nos relatórios modelo 30-16</b>       | 81  |
| 7.5   | <b>Estimativa da Geração dos Resíduos Eletroeletrônicos através dos relatórios modelo 30-16 (2008 a 2011)</b> | 83  |
| 7.5.1 | <u>Ano de 2008</u>  | 87  |
| 7.5.2 | <u>Ano de 2009</u>  | 87  |
| 7.5.3 | <u>Ano de 2010</u>  | 89  |
| 7.5.4 | <u>Ano de 2011</u>  | 90  |
| 7.6   | <b>Aplicação das técnicas de gestão aos resultados dos relatórios 30-16</b>                                   | 91  |
| 7.6.1 | <u>Aplicação da Técnica de Pareto aos resultados de 2008 a 2011</u>   | 91  |
| 7.6.2 | <u>Aplicação das Matrizes G.U.T. e B.A.S.I.C.O. aos resultados de 2008 a 2011</u>                             | 96  |
| 7.6.3 | <u>Comparação entre os resultados de Pareto, G.U.T. e B.A.S.I.C.O.</u>  | 106 |
| 8     | <b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES</b>   | 109 |
|       | <b>REFERÊNCIAS</b>  | 113 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>APÊNDICE A – Relatórios modelo 30-16, ano 2008.....</b> | <b>122</b> |
| <b>APÊNDICE B – Relatórios modelo 30-16, ano 2009.....</b> | <b>154</b> |
| <b>APÊNDICE C – Relatórios modelo 30-16, ano 2010.....</b> | <b>177</b> |
| <b>APÊNDICE D – Relatórios modelo 30-16, ano 2011.....</b> | <b>198</b> |

## INTRODUÇÃO

A evolução da ciência tem proporcionado ao homem facilidades em suas atividades domésticas e laborais advindas da incorporação de produtos e serviços. Com o objetivo aparente de proporcionar uma vida melhor à população, alguns países empreendem um ritmo frenético à produção de bens e serviços, em um sistema de geração e acumulação de riquezas, usando a mídia como um aliado ao constante estímulo para a aquisição de bens nem sempre necessários. Assim ocorre na indústria de componentes eletrônicos. Em busca da técnica ou design recém lançados, equipamentos relativamente novos e muitas vezes em perfeitas condições de uso são substituídos a velocidades impressionantes, com consequente geração de resíduos eletroeletrônicos. Verifica-se grande contribuição das tecnologias de informação e comunicação nesse sistema (IBGE, 2009).

Até mesmo as tentativas de reaproveitamento e manutenção de dispositivos eletrônicos usados, encontram dificuldades. Levando-se em conta o preço de componentes, aliado ao custo da mão de obra especializada, acaba-se por concluir que é mais apropriado adquirir um equipamento mais moderno. Além disso, o item novo é, em muitos casos, montado em países onde a mão de obra é de baixíssimo custo e os impostos idem, contribuindo para um preço final atraente, ainda que não apresente durabilidade.

E o que fazer com os resíduos derivados dessa forma de produção e consumo, que deixam um rastro de poluição e contaminação, tanto na etapa de extração da matéria prima quanto nas etapas intermediárias de produção dos produtos, comércio e prestação de serviços?

O impacto negativo, ocasionado no ambiente e na sociedade, desafia os governos a estabelecerem políticas de gerenciamento que efetivamente deem conta de dispor adequadamente as sobras que não interessam mais.

Reconhecer a vulnerabilidade do planeta contribui para a adoção de uma postura em relação à sua defesa, mas alerta também para a necessidade de se garantir uma educação voltada ao respeito à natureza, ao meio ambiente e ao atendimento das necessidades das futuras gerações (PASSOS, 2009). É a competitividade do mundo globalizado disputando espaço com a crescente conscientização de que é preciso preservar para perpetuar.

Com o intuito de prevenir, controlar e mitigar os danos ocasionados pela disposição inadequada de resíduos em geral, vasta legislação voltada ao meio ambiente tem se aprimorado em direção ao uso sustentável dos recursos naturais.

Entra em cena o gerenciamento de resíduos, com metodologia cada vez mais apropriada às condições e hábitos locais, contribuindo para a maximização de oportunidades

da Empresa e minimização de custos e riscos pelo tratamento e destino adequados dos resíduos gerados por suas atividades.

O presente trabalho engloba um estudo de caso acerca de uma Empresa atuante na área de eletrônica, armamento e software dos sistemas operativos navais, sendo o foco da pesquisa os resíduos eletroeletrônicos (REEE) gerados de suas atividades de reparo, manutenção, instalação/desinstalação de módulos, equipamentos e sistemas.

### **Justificativa e relevância**

Muitos dos eletroeletrônicos, sejam de uso doméstico ou industrial, são fabricados através da montagem de módulos básicos prontos compostos de cabos, cordões e fios elétricos, plásticos antichama, telas de tubos catódicos, telas de cristais líquidos, gabinetes de metal, conectores e placas de circuitos impressos. Estas placas, por sua vez, contêm capacitores, transformadores, semicondutores, válvulas, entre outros componentes eletroeletrônicos. Muitos destes componentes, são constituídos de materiais altamente tóxicos como o chumbo, mercúrio e cádmio. Após o fim de sua vida útil, se inadequadamente dispostos, formam um conjunto de resíduos perigosos ao meio ambiente. Seu reaproveitamento representa valorização dos recursos naturais não renováveis, utilizados em sua manufatura, e também economia com relação à aquisição de novos componentes tanto para as Empresas quanto para os cofres públicos.

Até aproximadamente 1972, época da Conferência Internacional sobre Meio Ambiente em Estocolmo, a preocupação com os impactos ocasionados pelos REEE ao meio ambiente não era relevante. Gradativamente, a partir dessa data, foram sendo criadas orientações legislativas de cunho restritivo e preventivo quanto ao uso de substâncias tóxicas em sua manufatura.

A Empresa em estudo lida com equipamentos e sistemas eletroeletrônicos fabricados antes de 1972, época em que não vigorava a diretiva da União Europeia para a redução ou eliminação de determinadas substâncias tóxicas do processo de fabricação e da constituição dos componentes eletroeletrônicos (CEEE).

Nesse sentido, os REEE gerados na Empresa nos processos de reparo, manutenção e desinstalação de módulo de equipamentos e sistemas eletroeletrônicos apresentam o potencial de causar danos à saúde dos seres vivos e ao meio ambiente como um todo, se indevidamente descartados.

Atualmente, a Empresa não dispõe de um sistema de gerenciamento de resíduos, principalmente dos REEE, descartando-os de modo inadequado. Por conta da fusão de duas Entidades prestadoras de serviços nos setores de armamento e software dos sistemas navais à Empresa, seu Planejamento Estratégico está sendo revisto. Prevê-se a inclusão de um sistema de gestão ambiental integrado ao novo sistema de qualidade também em revisão no momento.

O Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CF/88) impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defender o meio ambiente, preservando-o para as gerações presentes e futuras. Além disso, há toda uma legislação infraconstitucional que disciplina os assuntos voltados à esfera ambiental.

O sistema naval militar conta com um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas Organizações Militares do Setor Operativo, sendo a Diretoria de Portos e Costas (DPC) o órgão normativo e supervisor nas questões relativas ao meio ambiente. Visando a nortear o processo de gestão ambiental, a DPC elaborou um conjunto de Normas Técnicas Ambientais – NORTAM usado por todas as Empresas que prestam serviços na área naval militar.

Estando a Empresa sob a égide do poder público federal, e subordinada às orientações do Comando da Marinha, torna-se uma obrigação legal estar alinhada à legislação e normas em vigor.

## **Metodologia Geral**

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso com abordagem quanti-qualitativa e observação participativa do pesquisador nos processos da Empresa. Precedido por uma revisão bibliográfica sobre o assunto, o estudo de caso incluiu: pesquisas de campo, pesquisas documentais e pesquisa literária.

A pesquisa de campo, de cunho sistemático, caracterizou uma pesquisa-ação, onde os funcionários da Empresa participaram, juntamente com o pesquisador e coleta de dados referentes aos resíduos gerados pelas atividades das Seções do Departamento de Eletrônica. Como o estudo tinha o foco nos REEE, elaborou-se inicialmente uma planilha de aspectos e impactos ambientais tendo como base as atividades inerentes ao Departamento de Eletrônica da Empresa. Para levantar e caracterizar os resíduos eletroeletrônicos (REEE) gerados na Empresa, a coleta seletiva foi realizada nas vinte Seções desse departamento para que fossem conhecidos os resíduos gerados, avaliando-se o seu peso.

A pesquisa documental baseou-se nos dados históricos da Empresa, disponibilizados pelo seu sistema de gerenciamento, de modo a se estimar o peso dos seus resíduos gerados

nos períodos estudados. O sistema fornece dados acerca de recursos materiais, financeiros e de mão de obra utilizados nos serviços concluídos e em andamento. Foram analisados os relatórios modelo 30-16 - Relação de Material Atendido por Período do sistema, de forma a se conhecer a quantidade de itens eletroeletrônicos adquiridos pela Empresa para os anos de 2008 a 2011. Partindo-se do pressuposto de que cada requisição de um componente foi originada por uma necessidade de substituição de um item equivalente, porém avariado, estabeleceu-se uma relação direta entre as requisições de componentes eletroeletrônicos (CEEE) atendidas, com o potencial de geração de resíduos eletroeletrônicos (REEE). Assim, por simplificação, e por tratar-se de uma estimativa, o peso dos CEEE requisitados em determinado período foi considerado equivalente ao peso dos REEE gerados nessa mesma época.

O sistema de gerenciamento também possibilitou obter uma estimativa do volume de serviços da Empresa, durante o período estudado, de modo a embasar a enriquecer a análise da geração de resíduos.

Além dos relatórios do sistema de gerenciamento, também foram verificados os Laudos de Vistoria, Avaliação e Destinação (LVAD) da Empresa de cujos históricos se pode extrair a quantidade de itens com baixa de uso durante o período estudado, sendo uma outra fonte de REEE. Para efeito de comparação foram utilizados também os dados de Ordens de Serviço (O/S) nos períodos analisados pelos relatórios 30-16.

Com relação ao conhecimento gestor, a pesquisa buscou verificar quais ferramentas administrativas poderiam ser usadas para selecionar os resíduos eletroeletrônicos (REEE) com maior potencial de impactar o meio ambiente e os que poderiam estar sujeitos a um gerenciamento de resíduos sem gastos imediatos para a Empresa. As análises foram realizadas pelas técnicas de Pareto, Matriz GUT e Matriz BASICO, cujas metodologias são descritas no capítulo 6. Para tanto, foram utilizados tabelas, diagramas, gráficos e matrizes, de modo a realizar análises quantitativas a partir de estimativas em relação aos pesos dos REEE e qualitativas com relação a sua periculosidade.

O estudo contou também com a busca de conhecimentos que possibilitassem verificar os constituintes que compunham os CEEE/REEE, de modo a analisá-los qualitativamente quanto à sua periculosidade, à luz das ferramentas de gestão utilizadas. Para o estabelecimento da periculosidade foi consultada a norma NBR 10.004/2004 e as informações fornecidas pelo *website* das agências americanas, EPA (*Environmental Protection Agency*) e ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*), além das especificações técnicas de alguns fabricantes de componentes eletroeletrônicos. Na análise dos resultados

obtidos optou-se por utilizar a norma ASTDR por ser a mais completa e de parâmetros de periculosidade mais bem definidos.

## **Organização do trabalho**

Este trabalho subdivide-se em oito capítulos.

O primeiro capítulo apresenta um breve histórico da evolução no modo de vida do homem das primeiras eras aos dias de hoje, mostrando o potencial dos eletroeletrônicos na geração de resíduos no Brasil.

O capítulo dois aborda a evolução tecnológica da eletrônica e da eletricidade e os aspectos e impactos ambientais dos eletroeletrônicos, com ênfase em sua toxicidade e periculosidade. Aborda também alguns caminhos para a valorização dos resíduos, com ênfase na reciclagem.

O capítulo três aborda a legislação ambiental, com especial atenção à PNRS.

O capítulo quatro descreve os principais aspectos sobre a Empresa que serviu de cenário para o estudo de caso incluso nesta dissertação de mestrado.

O capítulo cinco apresenta a metodologia utilizada no estudo de caso realizado, focando nos resíduos eletroeletrônicos gerados na Empresa.

O capítulo seis apresenta o desenvolvimento do estudo de caso realizado na Empresa.

O capítulo sete apresenta-se a interpretação dos resultados obtidos no estudo de caso, analisados à luz dos conhecimentos obtidos no capítulo cinco, usando as ferramentas de gestão para selecionar os mais impactantes do ponto de vista ambiental e também sob a ótica das facilidades de se implementar de imediato um sistema de gerenciamento de resíduos.

O Capítulo oito inclui as conclusões do estudo de caso e as sugestões propostas para a Empresa.

## **Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é classificar os resíduos eletroeletrônicos gerados em uma Empresa prestadora de serviços do setor naval, de modo a selecionar aqueles com maior potencial de impactar o meio ambiente, com vistas à proposição de um sistema de gerenciamento integrado da Empresa ao órgão coletor, de forma a alinhá-la à legislação ambiental.

## **Objetivos específicos**

Como objetivos específicos deste trabalho podem-se citar:

1. Levantamento do histórico e situação atual da Empresa;
2. Levantamento dos processos afins à geração de REEE;
3. Levantamento quantitativo e caracterização qualitativa dos resíduos eletroeletrônicos (REEE) gerados nas atividades de reparo, manutenção e instalação de equipamentos e sistemas eletroeletrônicos;
4. Levantamento dos REEE considerados mais impactantes, para a proposição das ações a serem implementadas, com vistas ao gerenciamento adequado dos resíduos.

## 1 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Neste capítulo serão mostrados alguns dados sobre a geração de resíduos em algumas regiões do mundo e no Brasil. Após algumas definições a respeito dos resíduos sólidos, é apresentada a evolução social e econômica da sociedade brasileira nos últimos anos e a sua influência no processo de geração de resíduos, incluindo-se os eletroeletrônicos.

### 1.1 O homem e a natureza

Com característica nômade, o homem primitivo coexistia em harmonia com a natureza. As práticas de sobrevivência das sociedades da época, aliadas ao quantitativo de pessoas, contribuíram para que os impactos ao meio ambiente não fossem tão danosos quanto os que se verificam atualmente.

Com a evolução, o homem fixou residência, mas continuou dispondo dos recursos naturais como se fossem infinitos, verificando-se uma aceleração significativa no ritmo de extração e manipulação desses recursos a partir da revolução industrial. Essa postura diante da natureza tem provocado efeitos adversos que, em alguns casos, culminaram com o desaparecimento de cursos d'água, lavouras e povoados. Em consequência de um conjunto de fatores como a falta de esforços políticos em prol da sustentabilidade, certas sociedades infligiram inadvertidamente danos ao meio ambiente, vendo-se fadadas ao colapso (DIAMOND, 2007).

Em prol da realimentação dessa cadeia de extração de recursos naturais, produção de bens e serviços, comercialização, uso e descarte, alguns paradigmas de consumo vêm sendo alterados. Gerações com a concepção do *ter para ser*, em busca de um status mais destacado dentro do seu grupo social, realimentam o processo de substituição de bens, mesmo dispondo de similares em perfeitas condições de uso (CARDOSO, 1970). Com apoio na evolução tecnológica, esse universo do *ter* parece ilimitado.

No entanto, observa-se que o processo tecnológico não vislumbrou uma sistemática para *par e passo* dar destino adequado aos bens avariados ou àqueles que precocemente se tornam obsoletos nesse processo.

## 1.2 Classificação dos resíduos sólidos

A NBR 10.004/2004 classifica os resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (NBR 10.004, 2004).

De acordo com esta norma, os resíduos classificam-se em perigosos e não perigosos, estes últimos subdividindo-se em inertes e não inertes.

Os resíduos inertes, ou classe II-B, são aqueles que quando amostrados de uma forma representativa segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada à temperatura ambiente, conforme determina a ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme Anexo G da NBR 10.004/04. Já os resíduos não inertes, ou classe II A, são aqueles resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos da NBR 10.004/04. Esses resíduos podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (NBR 10.004, 2004).

Dentre as características que determinam a periculosidade de um resíduo estão: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade que apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. A NBR 10.004/04 contém tabelas que fornecem informações sobre as características de periculosidade de determinadas substâncias, incluindo limites máximos a serem obtidos no extrato em ensaios de lixiviação. Os ensaios de lixiviação são utilizados para determinar ou avaliar a estabilidade química dos resíduos, quando em contato com soluções aquosas, permitindo assim verificar o grau de imobilização de contaminantes.

São vários os documentos que apresentam parâmetros que podem ser utilizados para a classificação dos resíduos que serão mais bem discutidos no capítulo 6, referente ao estudo de caso em uma empresa prestadora de serviços navais. No entanto, resumidamente podem ser citadas as informações técnicas disponibilizadas pelas agências americanas EPA (*Environmental Protection Agency*) e ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) e também pela Organização europeia para Cooperação e Desenvolvimento

Econômico (*Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD*) no setor de meio ambiente.

Os resíduos sólidos urbanos e os resíduos industriais poderão conter resíduos perigosos e não-perigosos em sua constituição. Segundo a NBR 10.004/2004,

a classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

Para isso, devem ser feitas avaliações quantitativa e qualitativa e uma investigação dos parâmetros que permitam a identificação de seus componentes principais, verificando a presença e/ou ausência de certos contaminantes.

### **1.3 O potencial dos eletroeletrônicos na geração de resíduos no Brasil**

Nos últimos dez anos, graças a programas econômicos e sociais, mais de 30 milhões de pessoas entraram na classe C e 19,5 milhões saíram da pobreza extrema. De acordo com estudo da Fundação Getúlio Vargas, o Brasil tinha em 2009 mais de 94 milhões de pessoas na classe média, significando este número 50,4% da população (NERI, 2010).

Em se tratando da renda da população, registrou-se um aumento de 22,59% no potencial de consumo no período mencionado. A melhoria no poder aquisitivo da população favoreceu o consumo interno de bens e serviços, alavancando o crescimento econômico do país. De acordo com os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), no período de 1992 a 2009, a quantidade de domicílios com telefone (móvel e/ou fixo) aumentou significativamente de 19,0% para 84,9%. Alguns eletroeletrônicos como a geladeira e televisão aumentaram em 93,9% e em 96,0% respectivamente nos lares brasileiros. Em 2001, 12,6% dos domicílios tinham microcomputador, alcançando 35,1% em 2009. No mesmo período, o crescimento da proporção de domicílios que possuíam microcomputador com acesso à Internet foi de 19,2 pontos percentuais: de 8,5% para 27,7%.

No acumulado de janeiro-fevereiro de 2011, as importações de produtos da indústria elétrica e eletrônica somaram US\$ 5,6 bilhões, sendo mostrados nos Quadros 1 e 2 os volumes de importações das diferentes áreas do setor e os principais produtos importados, respectivamente, comparados ao mesmo período de 2010 (ABINEE, 2011).

Quadro 1 - Importações do Setor Eletroeletrônico, período jan - fev, 2010-2011

| <b>Importações do Setor Eletroeletrônico período JAN-FEV 2011</b> |                     |                |                   |
|---|---------------------|----------------|-------------------|
| <b>Áreas</b>  | <b>US\$ milhões</b> |                | <b>Variação %</b> |
|   | <b>2010</b>         | <b>2011</b>    |                   |
| Automação industrial  | 314,6               | 429,7          | 36,6              |
| Componentes   | 2.481,8             | 2.895,5        | 16,7              |
| Equipamentos Industriais  | 515,3               | 528,4          | 2,5               |
| GTD *   | 60,2                | 82,7           | 37,4              |
| Informática   | 319,5               | 365,5          | 14,4              |
| Material elétrico de instalação                                   | 196,6               | 248,1          | 26,2              |
| Telecomunicações  | 339,2               | 492,9          | 45,3              |
| Utilidades domésticas   | 370,4               | 549,1          | 48,2              |
| <b>Total</b>  | <b>4.597,8</b>      | <b>5.591,9</b> | <b>21,6</b>       |

\*GTD - Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: ABINEE, 2011.

Quadro 2 - Produtos mais importados período jan - fev, 2010-2011

| <b>Produtos mais importados período JAN-FEV 2011</b> |                     |             |                   |
|--|---------------------|-------------|-------------------|
| <b>Produtos</b>                                      | <b>US\$ milhões</b> |             | <b>Variação %</b> |
|  | <b>2010</b>         | <b>2011</b> |                   |
| Semicondutores                                       | 594                 | 722         | 22                |
| Comp. p/ Telecomunicações                            | 508                 | 693         | <b>36</b>         |
| Comp. p/ Informática                                 | 527                 | 428         | -19               |
| Instrumentos de medida                               | 178                 | 231         | 29                |
| Eletrônica embarcada                                 | 188                 | 220         | 17                |
| Comp. p/ Equip. Industriais                          | 122                 | 157         | 29                |
| Aparelhos eletrodomésticos                           | 90                  | 117         | 30                |
| Máq. p/ processamento dados                          | 81                  | 115         | <b>42</b>         |
| Comp. p/ Utilidade domésticas                        | 55                  | 113         | <b>103</b>        |
| Componentes passivos                                 | 90                  | 101         | 11                |

Fonte: ABINEE, 2011.

Observa-se, pelo Quadro 2, que as áreas de utilidades domésticas e telecomunicações registraram as maiores taxas de incremento. No caso de telecomunicações, os principais destaques do bimestre foram os telefones celulares e os aparelhos de radiodifusão.

Verifica-se, assim, uma tendência para o aumento do consumo interno, seja para montagem de novos itens eletrônicos, reparos e instalações ou pela importação do eletroeletrônico já acabado. Este fato aliado ao aumento natural da população, cada vez mais urbana como mostra o Quadro 3 trouxe, como consequência direta, o aumento da geração de resíduos urbanos.

Quadro 3 - População nos Censos Demográficos, 1960 - 2010

| ANO      | REGIÃO     |             |
|----------|------------|-------------|
|          | Rural      | Urbana      |
| 1960 (1) | 38.987.526 | 32.004.817  |
| 1970 (1) | 41.603.839 | 52.904.744  |
| 1980 (1) | 39.137.198 | 82.013.198  |
| 1990 (2) | 36.041.633 | 110.875.826 |
| 2000 (2) | 31.835.143 | 137.755.550 |
| 2010 (2) | 29.830.007 | 160.925.792 |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.

(1) População recenseada. (2) População residente.

Boa parte desses resíduos é proveniente de bens industrializados, sendo o lixo eletrônico considerado um dos maiores problemas ambientais e sociais dos grandes centros urbanos do Brasil e do mundo. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, os vazadouros a céu aberto, conhecidos como “lixões”, ainda eram o destino final dos resíduos sólidos em 50,8% dos municípios brasileiros no ano de 2008 (PNSB, 2008).

Em 2009, o estudo intitulado *RECYCLING – FROM E-WASTE TO RESOURCES* (Reciclagem – de Lixo Eletrônico a Recursos), baseado na estimativa de geração lixo eletrônico de 11 países em desenvolvimento, revelou que o Brasil é um mercado emergente com grande geração per capita de lixo eletrônico, à frente de países como Índia e China no descarte de computadores pessoais e telefones celulares (Figuras 1 e 2). Através de estimativas da produção e consumo de produtos eletroeletrônicos no Brasil em 2005, foi possível chegar à produção brasileira de lixo eletrônico. O estudo informou também que o

país está entre os maiores produtores de lixo eletrônico em relação a televisores e refrigeradores (PNUMA, 2009).

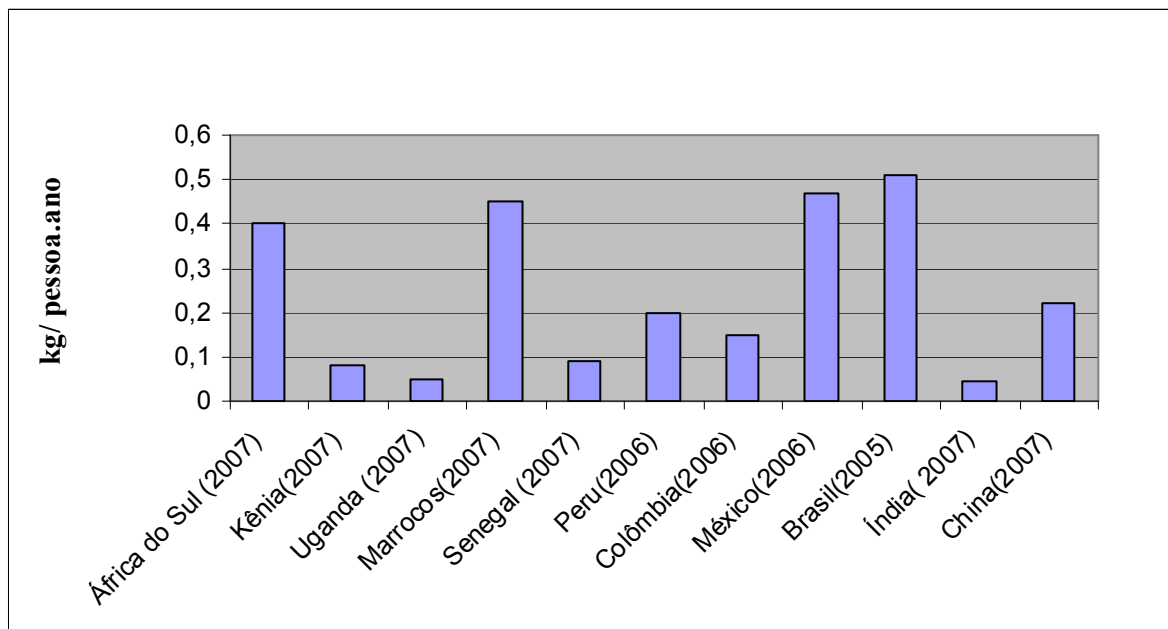


Figura 1 – Gráfico do lixo eletrônico derivado de computador pessoal (kg/hab/ano)  
Fonte: PNUMA, julho/2009

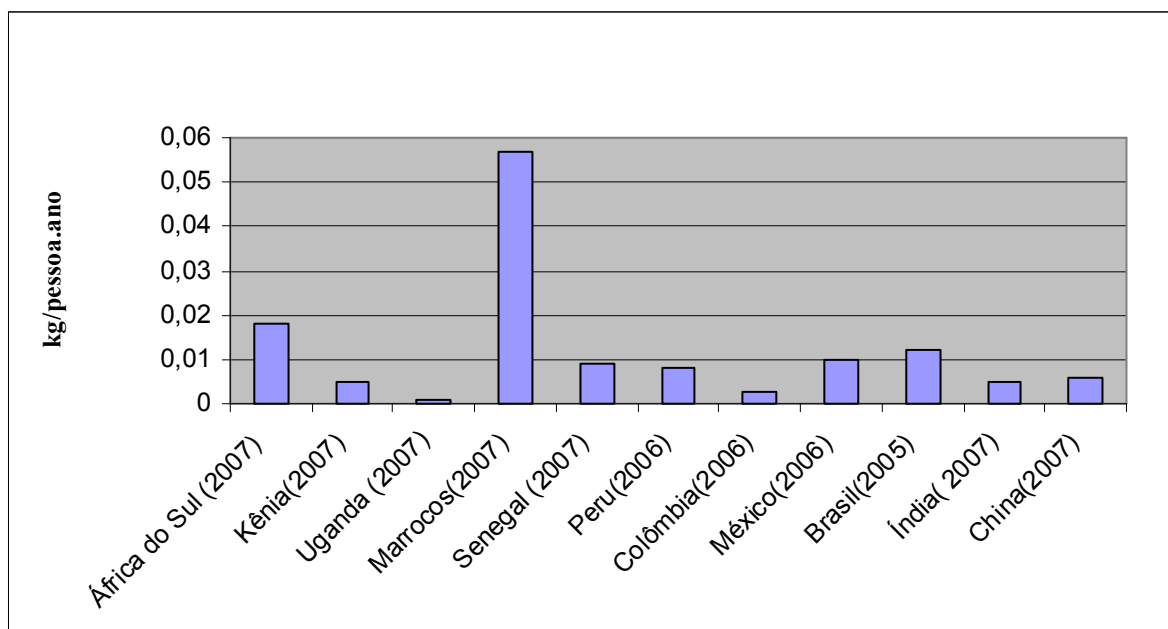


Figura 2 – Gráfico do lixo eletrônico derivado de telefone celular (kg/hab/ano)  
Fonte: PNUMA, julho/2009

Pelo exposto, verifica-se que o Brasil apresenta um grande potencial para impactar o meio ambiente, especialmente no que se refere à geração de resíduos eletroeletrônicos.

## 2 ASPECTOS E IMPACTOS DOS COMPONENTES ELETROELETRÔNICOS

Neste capítulo serão discutidos os aspectos e impactos ambientais dos resíduos eletroeletrônicos em relação ao ser humano e ao meio ambiente, além de algumas possibilidades de minimização do volume de resíduos gerados e oportunidades de negócios.

### 2.1 A evolução da eletricidade e eletrônica

Em algumas décadas antes do início do século XX foi criado um terreno fértil para o nascimento da eletrônica.

Alguns experimentos em eletricidade realizados pelo americano Thomas Alva Edison, com suas lâmpadas elétricas incandescentes, permitiram-no observar que a emissão de elétrons, causada pelo aquecimento dos filamentos das lâmpadas, tornava seu interior negro (efeito Edison). Posteriormente, descobriu-se que a eletricidade fluía mesmo na ausência de um meio material. O inglês John Ambrose Fleming usou esses conceitos e aplicou na prática o efeito Edison ao aquecer o polo negativo de um tubo a vácuo para a emissão de elétrons. Ao ligar uma bateria entre os polos do tubo a vácuo verificou o estabelecimento de uma corrente elétrica, observando que, ao inverter a polaridade da bateria, não fluía corrente. A esse dispositivo, cuja corrente só fluía em um sentido, denominou-se válvula termiônica, ou diodo (dois eletrodos). Em sequência a esse invento, surgiram os triodos (BERTULANI).

Posteriormente, na década de quarenta, pesquisas da Empresa *Bell Telephone* proporcionaram o desenvolvimento do transistor que, após ter seu funcionamento aperfeiçoado na década de cinquenta, substituiu a válvula e iniciou a era do semicondutor.

As técnicas de miniaturização vieram na sequência da evolução eletrônica, após pesquisas para a criação do circuito integrado no final dos anos cinquenta. Inicialmente, esse produto se compunha de alguns componentes eletrônicos como transistores, resistores, capacitores e diodos em miniatura, montados sobre uma mesma base de germânio. Posteriormente, o germânio foi substituído pelo silício.

As pesquisas na área de integração dos componentes deram origem a escalas de integração cada vez maiores. Nos anos 1970, eram conhecidas como larga escala de integração (LSI). Nos anos 1980, como extra larga escala de integração (ELSI). Atualmente, as pesquisas já chegaram à escala nanométrica. Esse processo possibilitou a realização de grandes quantidades de operações lógico-aritméticas em pequenos componentes, reduzindo significativamente o porte dos eletroeletrônicos. Além disso, o aumento na velocidade de

processamento dos dispositivos, em relação aos componentes discretos, possibilitou o aumento de funções disponibilizadas aos usuários. O advento dos circuitos integrados barateou os custos de produção da indústria e favoreceu a produção acelerada de diversos dispositivos eletroeletrônicos nas áreas de informática, telecomunicações, controle de processos industriais, automação dos serviços bancários, comércio e de bens de consumo.

## 2.2 Os aspectos ambientais dos eletroeletrônicos

Os componentes eletrônicos encontram seu principal mercado nas indústrias de entretenimento, informática, telecomunicações, automação industrial, automobilística, além da indústria de bens de capital. Essas indústrias produzem uma gama de dispositivos como baterias, televisores, computadores, telefones celulares entre outros.

Normalmente, os módulos que compõem esses dispositivos eletroeletrônicos domésticos e industriais são compostos de itens como placas de circuito impresso, capacitores, transformadores, circuitos integrados, diodos, válvulas, lâmpadas, pilhas, baterias, monitores, entre outros. Alguns elementos e substâncias químicas utilizadas no processo de manufatura desses itens integram-se a sua estrutura, passando a fazer parte de sua composição.

Os cristais de puro silício usados nos semicondutores não são bons condutores elétricos. De modo a lhes atribuir uma característica semicondutora, determinadas quantidades de impurezas são controladamente acrescentadas à base de silício para a confecção do componente eletrônico. A dopagem, nome dado a esse processo, é realizada na manufatura do semicondutor, sendo o antimônio, arsênico, fósforo e compostos de boro os materiais mais comumente usados de forma a sobrar ou faltar elétrons na camada de valência do elemento dopado. Outras dopagens incluem o gálio, alumínio, ouro, berílio, germânio, magnésio, silício, estanho e telúrio. A título de exemplificar quão corriqueiro isso ocorre, ilustrou-se no Quadro 4 a composição de um circuito integrado regulador de tensão de uso corriqueiro.

Os metais pesados são encontrados em muitos eletroeletrônicos. O cádmio é usado em baterias de níquel-cádmio. O mercúrio, em chaves elétricas, baterias, sensores térmicos, lâmpadas fluorescentes. Verifica-se a presença do chumbo em tubos de raios catódicos de TV, monitores de vídeo, soldas de chumbo-estanho para fixação dos componentes eletrônicos às placas de circuito impresso e em baterias de chumbo-ácido.

As pilhas e baterias, incluindo as de celulares, apresentam em sua composição metais como mercúrio, chumbo, cobre, zinco, cádmio, manganês, níquel e lítio. As pilhas comuns, além destes, também apresentam em sua composição cloreto de amônia e o negro de acetileno.

Quadro 4 – Composição do circuito integrado LM 7810

| <b>Componente</b>            | <b>Material</b>             | <b>Peso (mg)</b> | <b>Substância</b>     | <b>Peso (mg)</b> | <b>CAS</b> | <b>PPM</b> |
|------------------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------|------------|
| Circuito integrado           | Materiais inorgânicos       | 2,81             | Silício               | 2,81             | 7440-21-3  | 1382       |
| Fixação                      | Metais não ferrosos e ligas | 1,11             | Prata                 | 0,02             | 7440-22-4  | 8          |
|                              |                             |                  | Estanho               | 0,06             | 7440-35    | 27         |
|                              |                             |                  | Chumbo                | 1,04             | 7439-92-1  | 511        |
| Encapsulamento               | Termoplásticos              | 518,40           | Trióxido de antimônio | 12,90            | 1309-64-4  | 6345       |
|                              |                             |                  | Resina de bromo       | 15,50            | 6386-73-8  | 7624       |
|                              |                             |                  | Resina epoxi          | 104,00           | 29690-82-2 | 51156      |
|                              |                             |                  | Sílica vitrificada    | 386,00           | 60676-86-0 | 189866     |
| Terminais                    | Metais não ferrosos e ligas | 1494,94          | Fósforo               | 0,45             | 7223-14-0  | 221        |
|                              |                             |                  | Ferro                 | 1,50             | 7439-89-6  | 738        |
|                              |                             |                  | Prata                 | 3,00             | 7440-22-4  | 1476       |
|                              |                             |                  | Cobre                 | 1.490,00         | 7440-50-8  | 732904     |
| Chapeamento/<br>galvanização |                             | 13,30            | Estanho               | 13,30            | 7440-31-5  | 6542       |
| Interligação                 | Alumínio e suas ligas       | 2,44             | Alumínio              | 2,44             | 7429-90-5  | 1200       |

Fonte: LM 7810, Fairchild Semicondutores Inc.

Quanto às baterias automotivas, estas são, normalmente, do tipo chumbo-ácido (Pb-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Como o Brasil não é autossuficiente na produção de chumbo primário, algumas indústrias realizam serviços de reprocessamento. Devido à falta de estrutura de algumas empresas, há a contaminação do meio ambiente. O emprego do chumbo, óxidos e suas ligas

na fabricação de acumuladores elétricos se devem à alta capacidade de armazenar energia em relação ao seu peso e volume, além de terem menor custo.

Largamente utilizada na indústria da eletrônica para unir os componentes eletrônicos nas placas de circuito impresso, a solda, fabricada com a liga chumbo-estanho (SnPb - 63% Sn e 37% Pb), é outro exemplo de uso de metal pesado.

Um estudo realizado no Canadá, em 2003, levantou um panorama sobre dispositivos eletroeletrônicos como televisores, computadores, impressoras, *mouses* de computadores, teclados e telefones celulares, informando o percentual dos seus constituintes químicos (EPA, 2007). Os Quadros 5, 6 e 7 fornecem quantidades e percentuais dos materiais contidos em alguns dispositivos eletroeletrônicos de uso comum.

Quadro 5 – Composição de um computador de mesa

| <b>Material</b>                | <b>Quantidade contida (g)</b> |
|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Metais</b>                  | <b>7.254 -7.524</b>           |
| Aço                            | 6.050                         |
| Cobre                          | 670                           |
| Alumínio                       | 440                           |
| Estanho                        | 47                            |
| Chumbo                         | 27                            |
| Prata                          | 1,4                           |
| Ouro                           | 0,36                          |
| Níquel                         | 18                            |
| Germânio                       | < 45                          |
| Gálio                          | < 45                          |
| Índio                          | < 45                          |
| Európio                        | < 45                          |
| Rutênio                        | < 45                          |
| Bismuto                        | < 45                          |
| <b>Elementos não metálicos</b> | <b>0,44 - 45,44</b>           |
| Selênio                        | 0,44                          |
| Arsênico                       | < 0,45                        |
| Plásticos                      | 650                           |
| Resinas Epoxi                  | 1.040                         |

Fonte: Management of Electronic Waste in the United States: Approach Two. EPA, 2007.

Quadro 6 - Composição de um telefone celular

| <b>Material</b>  | <b>Quantidade contida (g)</b> | <b>Percentual do total (%)</b> |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| <b>Metais</b>    | <b>58</b>                     | <b>43,8</b>                    |
| Chumbo           | 1                             | 0,9                            |
| Alumínio         | 12                            | 9                              |
| Ferro            | 11                            | 8                              |
| Estanho          | 1                             | 1                              |
| Cobre            | 26                            | 19                             |
| Níquel           | 1                             | 1                              |
| Zinco            | 4                             | 3                              |
| Prata            | 1                             | 0,9                            |
| Mercúrio         | 1                             | 1                              |
| <b>Plásticos</b> | <b>63</b>                     | <b>46</b>                      |

Fonte: Management of Electronic Waste in the United States: Approach Two. EPA, 2007.

Quadro 7 - Composição de um tubo de imagem de televisão

| <b>Material</b> | <b>Quantidade contida (g)</b> | <b>Percentual do total (%)</b> |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| <b>Metais</b>   | <b>4.107 – 4.262</b>          | <b>14,3 – 14,8</b>             |
| Aço/Ferro       | 2088                          | 7,3                            |
| Chumbo          | 1.291 – 1.347                 | 4,5 – 4,7                      |
| Cobre           | 606 – 705                     | 2,1 – 2,5                      |
| Alumínio        | 67                            | 0,23                           |
| Zinco           | 8,6                           | 0,03                           |
| Estanho         | 31,6                          | 0,11                           |
| Cádmio          | 0,2                           | 0,001                          |
| Cromo           | 0,03                          | 0,0001                         |
| Antimônio       | 14,4                          | 0,05                           |
| <b>Vidro</b>    | <b>15760</b>                  | <b>54,8</b>                    |
| <b>Plástico</b> | <b>8755</b>                   | <b>30,4</b>                    |

Fonte: Management of Electronic Waste in the United States: Approach Two. EPA, 2007.

Não há dúvida de que os eletroeletrônicos trouxeram qualidade à vida de milhares de pessoas e que, no atual estágio de sua evolução, será difícil reimplantar o modo de vida campezino de outrora. No entanto, a frequência com que a indústria apresenta um novo modelo ou conceito de produto eletroeletrônico, os modismos e a força da propaganda pró-consumo, além das dificuldades de reparo do item avariado, vêm impondo uma alta taxa de obsolescência, com consequente descarte, aos dispositivos eletroeletrônicos, por vezes ainda em boas condições de uso.

Desse modo, a manutenção de alguns dispositivos eletroeletrônicos encontra na obsolescência do componente avariado ou na relação custo/benefício forte contribuição para a redução de sua vida útil. Até a remanufatura, que defende o reaproveitamento integral ou de partes de dispositivos com defeitos, aparece como dúvida quanto a sua efetiva vantagem em relação a um item novo. Recentemente, a pesquisa *Appliance Remanufacturing and Energy Savings* realizada em 2010, nos Estados Unidos, pela equipe do Dr Timothy Gutowski do *Massachusetts Institute of Technology* - MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) constatou que há um número igual de situações cuja remanufatura consome de fato mais energia. Incluindo vinte e cinco estudos de caso, a pesquisa cobriu produtos em oito categorias. Para a maioria dos casos, a economia de energia foi insignificante ou o equilíbrio de energia esteve muito próximo entre o produto novo e o produto remanufaturado (GUTOWSKI, 2010).

A equipe efetuou cálculos nos quais se levou em consideração a energia total utilizada durante a vida útil de um produto - a chamada análise do ciclo de vida - e não apenas a energia utilizada no processo de fabricação. Verificou que, em termos energéticos, a eficiência de aparelhos novos como geladeiras e máquinas de lavar é melhor em relação aos modelos mais antigos porque a energia extra consumida ao longo da vida útil de um produto remanufaturado acabaria anulando a economia obtida na fase de fabricação. Assim, um novo modelo seria quase sempre a melhor escolha.

Então, quer seja pela dificuldade de reparo, pelo desejo de um dispositivo de ponta ou pela necessidade imediata de dispor das facilidades do uso de um novo eletroeletrônico, a maioria dos “consumidores de tecnologia” desconhece os impactos ambientais que o descarte inadequado desses itens pode ocasionar.

### 2.3 Os impactos dos eletroeletrônicos sobre o meio ambiente

O termo resíduo eletroeletrônico implica em inúmeros tipos de resíduos, incluindo desde componentes eletroeletrônicos e placas de circuito impresso a televisores, geladeiras, celulares, telefones, computadores (a CPU propriamente dita e todos seus periféricos como impressoras, monitores, teclados, mouses entre outros), aspiradores de pó, ventiladores, aparelhos de som, condicionadores de ar, batedeiras, liquidificadores.

As substâncias tóxicas contidas nas frações que compõem os eletroeletrônicos, indevidamente descartados em lixões e aterros controlados, podem penetrar no solo causando a contaminação do mesmo. Quer seja pela reação com as águas das chuvas ou com o chorume formado pela atuação das bactérias na decomposição de matéria orgânica, essa penetração no solo pode estender seus efeitos tóxicos aos cursos d'água superficiais e subterrâneos, permanecendo nos organismos marinhos por longo tempo.

Mesmo a reciclagem ocasiona impactos ambientais tanto na seleção e desmontagem quanto no processamento dos resíduos derivados de dispositivos eletroeletrônicos, especialmente no que diz respeito aos metais (HISCHIER, 2005).

Embora em suas formas de elementos livres não sejam particularmente tóxicos, alguns metais pesados como o mercúrio, o chumbo, o cádmio e o arsênico tornam-se perigosos dependendo da interação com o organismo e com o meio ambiente.

A toxicidade dos metais nos organismos depende da dose, do tempo de exposição, da forma física e química do elemento e da via de administração ou absorção, sendo as crianças mais suscetíveis (CHEREMISINOFF, 2001). Por exemplo, a absorção do chumbo no trato gastrointestinal de crianças é de quatro a cinco vezes maior do que no de adultos.

Depois da absorção, os elementos são transportados pela corrente sanguínea, atingem os fluidos celulares e atuam de modo tóxico. Em suas formas catiônicas, e quando ligados a cadeias curtas de átomos de carbono, os cátions desses metais possuem forte afinidade pelo enxofre dos grupos sulfidril (SH), que existem normalmente nas enzimas que controlam a velocidade de reações metabólicas de importância no organismo humano. Pela ligação resultante metal-enxofre a enzima não atua de forma adequada e provoca danos ao organismo, por vezes, fatais (BAIRD, 2002).

Algumas substâncias podem ficar retidas ou acumuladas nos organismos por períodos de tempo indefinidos, sendo excretadas vagarosamente por períodos de meses ou anos. Ao aumento da concentração desses metais pesados nos organismos vivos originado por maior absorção do que eliminação dá-se o nome de bioacumulação. Ostras e mexilhões podem

conter níveis de mercúrio e cádmio cem mil vezes maiores do que os das águas em que vivem (BAIRD, 2002), em razão da ingestão de algas e microorganismos contaminados.

Além da bioacumulação, determinadas substâncias apresentam o fenômeno da biomagnificação que é o aumento progressivo de sua concentração ao longo de uma cadeia alimentar. Isto ocorre porque substâncias persistentes ou cumulativas “migram do mecanismo da nutrição de um organismo para os seguintes da cadeia alimentar” podendo “ser iniciada pelo organismo fotossintetizante e chegar até os últimos elos da cadeia alimentar. O mercúrio é um exemplo” (BRAGA, 2005).

A preocupação com o impacto ambiental ocasionado pelo uso de substâncias tóxicas culminou com o lançamento de uma diretiva pela Comunidade Europeia (diretiva *RoHS - Restriction of use of Hazardous Substances*) voltada à restrição de algumas dessas substâncias. Embora lançada na Europa, muitos fabricantes de eletroeletrônicos fora do continente já incorporaram essa legislação, uma vez que seus produtos são exportados para países-membros da Comunidade Europeia. De modo a se adequarem à nova legislação, grandes empresas de equipamentos elétricos e eletrônicos investiram recursos em pesquisas, revendo seus processos de fabricação e montagem. Um desses processos revistos é o de remoção do chumbo nas soldagens de eletroeletrônicos.

A solda do tipo chumbo-estanho (63% de estanho e 37% de chumbo) com ponto de fusão de 183° C é usada para unir componentes eletrônicos a placas de circuito impresso ou fios. Para substituir esse tipo de solda, requisitos mecânicos, elétricos e químicos devem ser satisfeitos. Dentre eles, grande força de coesão do material, ponto de fusão aceitável, excelente condutividade. Uma grande dificuldade em substituir o chumbo usado nas soldas chumbo-estanho tem residido em atingir uma temperatura que possibilite a fusão de ligas com estanho e outros elementos como prata, cobre, bismuto, antimônio, índio e outros, sem danificar os componentes eletrônicos. Ensaio usando nanotecnologia têm sido realizados para testes com solda de puro cobre. Empresas como *Hewlett Packard (HP)*, *Dell*, *Apple* e *IBM* alteraram seus processos de solda para permanecerem no mercado europeu.

As principais consequências à saúde derivadas da exposição a alguns desses metais estão ilustrados no Quadro 8 adiante.

Quadro 8 - Danos ocasionados à saúde por metais pesados

| METAL           | DANOS À SAÚDE   |
|-----------------|---|
| <b>Cádmio</b>   | Disfunções digestivas<br>Problemas pulmonares<br>Problemas no sistema respiratório<br>Carcinogênico   |
| <b>Chumbo</b>   | Disfunção renal<br>Dores abdominais (cólica, espasmo, rigidez)<br>Encefalopatia (sonolência, distúrbios metais, convulsão, coma)<br>Neurite periférica (paralisia),<br>Problemas pulmonares<br>Teratogênico   |
| <b>Mercúrio</b> | Congestão, inapetência, indigestão<br>Dermatite<br>Distúrbios gastrintestinais (com hemorragia)<br>Elevação da pressão arterial<br>Inflamações na boca e lesões no aparelho digestivo<br>Lesões renais<br>Distúrbios neurológicos e lesões cerebrais<br>Teratogênico, mutagênico e possível carcinogênico |
| <b>Arsênico</b> | Problemas dermatológicos<br>Problemas gastrintestinais<br>Problemas hepáticos<br>Problemas no sistema nervoso<br>Problemas no sistema respiratório (do nariz aos pulmões)<br>Carcinogênico  |
| <b>Níquel</b>   | Problemas cardiovasculares (coração e vasos sanguíneos)<br>Problemas dermatológicos (reações alérgicas, eczema),<br>Afeta o sistema imunológico<br>Problemas respiratórios do nariz aos pulmões (asma, bronquite)<br>Carcinogênico  |
| <b>Estanho</b>  | Problemas gastrintestinais (digestivo),<br>Problemas hematológicos (formação do sangue),<br>Problemas Imunológicos<br>Problemas neurológicos<br>Problemas no sistema respiratório   |

Fonte: ATSDR, 2011

Os contatos externos dos circuitos integrados, que normalmente eram recobertos com uma camada de chumbo para melhorar a capacidade de adesão da solda, proteger os contatos contra a corrosão e evitar danos mecânicos, estão também sendo fabricados livres do chumbo. A *Texas Instruments Incorporated* introduziu a liga níquel/paládio para a camada de finalização dos semicondutores em substituição ao chumbo. A *Texas Instruments Incorporated* e a *Fairchild Semiconductor* atualmente já oferecem circuitos integrados livres de chumbo.

Na Empresa em estudo existem muitos sistemas e subsistemas eletroeletrônicos instalados tanto nas Organizações terrestres quanto embarcados nos navios. Esses equipamentos são compostos por várias placas e componentes eletroeletrônicos, tornando-se obsoletos frente a novas tecnologias adotadas nas áreas em que atua.

De acordo com o estudo realizado por ANDRADE (2002, p.83), as placas de circuito impresso utilizadas em computadores devem ser classificadas como resíduo perigoso de acordo com a NBR 10.004/2004. A análise em laboratório demonstrou que há “um grande potencial de contaminação do solo, águas subterrâneas e superficiais, por metais pesados (chumbo e cádmio), se a sucata de placas e componentes for disposta em aterros ou lixões”.

## 2.4 Caminhos alternativos para os REEE

Embora seja de fato preocupante o assunto lixo eletrônico, constata-se, em determinadas situações, que existe uma demanda reprimida em relação ao descarte de itens eletroeletrônicos avariados ou retirados de uso. Enquanto alguns usuários simplesmente os jogam no lixo, a ser recolhido pelo órgão responsável da prefeitura local ou em lixões, há aqueles que os guardam enquanto não vislumbram um meio adequado de se desfazerem deles.

Um estudo realizado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, entre os anos de 2005 a 2009, indicou que adultos jovens de várias partes do mundo concordaram que os dois maiores problemas do mundo são a degradação ambiental e a pobreza. A pesquisa indicou ainda que eles gostariam de contribuir para o desenvolvimento sustentável, mas necessitam de informações de como proceder para tal (UNEP, 2011). A consciência ambiental variou entre regiões e, embora a pesquisa tenha considerado que menos de 40% dos jovens brasileiros estivessem preocupados com a questão ambiental, existe uma parcela da população cada vez mais consciente da sua participação na saúde do planeta.

Conforme os dados da PNSB de 2008, no período de 2000 a 2008 houve uma evolução na destinação final dos resíduos sólidos em aterros sanitários, aumentado de 17,3%

para 27,7% a proporção dos municípios que usaram essa prática. Também houve avanços nos programas de coleta seletiva de resíduos sólidos, dentre eles dos resíduos eletroeletrônicos, que aumentaram de 58, identificados em 1989, para 451 em 2000, alcançando o patamar de 994 em 2008.

Campanhas que visam a educar a população para o descarte correto, e promovem a logística reversa com a solicitação de materiais eletroeletrônicos para a reciclagem, proporcionam aos consumidores mais conscientes e órgãos responsáveis pela destinação final dos dispositivos eletroeletrônicos, um alívio quanto à destinação apropriada para tais resíduos. Foi o que se observou, por exemplo, na campanha “Natal da ELETORRECICLAGEM” realizada pela Secretaria do Ambiente e pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) com o apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro no período de dezenove de dezembro de 2011 a seis de janeiro de 2012 (Figura 3). Logo no primeiro dia, vários itens como telefones celulares, partes de computadores e *video games* como um *Atari* dos anos 70 foram recolhidos somente na Estação Carioca do Metrô. A campanha esperava recolher cinco toneladas de materiais eletroeletrônicos, mais do que o triplo do que foi arrecadado na campanha de 2010. Um exemplo de que a responsabilidade compartilhada vale à pena, mesmo que se tenha que lançar mão de muita perseverança para sensibilizar os usuários.



Figura 3 - Campanha Natal da ELETORRECICLAGEM, dezembro de 2011.

Segundo estudo realizado pela ONU, a redução, o reuso e a reciclagem dos resíduos contribui para a minimização da quantidade de dispositivos eletroeletrônicos com destino para os aterros sanitários ou lixões, reduz a extração dos recursos naturais e favorece os processos

de reaproveitamento energético (PNUMA, 2009). Em se tratando dos eletroeletrônicos, os componentes tóxicos ou especiais como baterias, capacitores, óleos de transformadores devem ser removidos, armazenados ou tratados de modo seguro, antes que os processos de coleta seletiva, desmontagem, pré-processamento e tratamento dos resíduos manuais ou automáticos referentes à reciclagem tenham início. Embora não seja possível reciclar sem causar algum dano ambiental, os impactos são menores que na produção primária, quando os eletroeletrônicos são manufaturados pela primeira vez (HISCHIER, 2005).

O objetivo principal da reciclagem é tratar as frações dos resíduos de modo ambientalmente seguro, sendo normalmente frações de ferro, alumínio, cobre, plásticos entre outros, reaproveitando-os ao máximo. Processos de desmontagem tem sido alvo de pesquisas, sendo os processos mecânicos de separação por peneiração, por tipo e tamanho, por separação magnética e separação eletroestática são alguns dos processos largamente utilizados na indústria de reciclagem. Para sua máxima recuperação, os resíduos eletroeletrônicos deverão ser picotados em pedaços pequenos, geralmente menores que 5 ou 10 mm (CUI, 2003).

Além disso, a reciclagem pode criar nichos de negócios eco eficientes e sustentáveis, considerando os impactos locais e sociais (UNEP, 2009). É o caso dos negócios nas áreas de consultoria e gerenciamento sustentável de resíduos eletroeletrônicos. Na campanha “Natal da ELETORRECICLAGEM” anteriormente mencionada, os itens recolhidos referentes a computadores tinham como destino a Fábrica Verde que promove a capacitação de jovens do Complexo do Alemão, no Rio de Janeiro. Placas de computadores em bom estado ou reparadas nessa fábrica seriam reaproveitadas para a remontagem de unidades usadas para cursos de montagem/desmontagem e instalação de computadores, sendo uma contribuição para a redução da pobreza. Os demais equipamentos eletroeletrônicos seguiriam para a Empresa Reciclo Ambiental que realiza um trabalho de consultoria e prestação de serviços no gerenciamento da correta destinação ambiental destes produtos, com o encaminhamento das subunidades desmontadas para Empresas que promovem sua reciclagem.

### **3 VISÃO GERAL DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

Este capítulo apresenta uma visão geral da legislação ambiental, mencionando-se as normas e atos legislativos dos Estados Unidos e da Europa discorrendo, em seguida, sobre a construção do ordenamento jurídico brasileiro a favor do meio ambiente.

#### **3.1 A legislação ambiental internacional**

Historicamente, a pressão da sociedade faz surgir instrumentos legislativos, ou a sua alteração, de modo a torná-los proativos aos seus interesses. Assim ocorre também nas questões relativas ao meio ambiente.

Nos dias atuais, a necessidade de ampliar as conquistas sociais e garantir o direito de exercício de cidadania surge como fator indispensável ao desenvolvimento sustentado do planeta (ARAÚJO, 2005). A busca universal pelo meio ambiente equilibrado se estende em ramificações às áreas política, econômica e social.

A Conferência de Estocolmo realizada em 1972, na Suécia, inspirou diversos países a iniciarem suas políticas de gerenciamento ambiental. Essa Conferência ocorreu em decorrência da preocupação ambiental, primeiramente abordada pelo Clube de Roma, um órgão colegiado liderado por empresários que, por meio da publicação intitulada “Limites do Crescimento”, de 1972, visualizou um futuro trágico para o mundo, caso a sociedade mantivesse os padrões de produção e consumo vigentes à época (JABBOUR e SANTOS, 2006).

Antes disso, o lançamento do livro Primavera Silenciosa da cientista e ecologista norte-americana Rachel Louise Carson, em 1962, mencionando os efeitos do uso do DDT, já havia despertado uma consciência ecológica em muitos (PASSOS, 2009).

Comprometendo-se a reduzir ou eliminar o uso dos SDO como os clorofluorcarbonos, halon, metilclorofórmio, tetracloreto de carbono, brometo de metila e hidroclorofluorcarbono, vários países reunidos no Canadá assinaram o Protocolo de Montreal em 1987, que vigoraria a partir de 1989.

Os clorofluorcarbonos (CFC) foram sinteticamente produzidos na década de 1930, sendo compostos químicos estáveis, comercialmente conhecidos como freon.

Com preços baixos e por serem considerados seguros, os CFC foram muito utilizados como solventes pela indústria da eletrônica em diversos processos de fabricação de

componentes e placas de circuito impresso, entre outras aplicações, alcançando um pico de produção nos anos 1970.

De modo a atender à legislação, diversas indústrias de microeletrônica procederam à revisão de seus processos. Como um exemplo do esforço para atender à nova orientação mundial - a eliminação do uso de substâncias destruidoras da camada de ozônio verifica-se o caso da IBM, relatado no estudo de caso sobre sua fábrica em Endicott, Nova Iorque. Este trabalho informa que o clorofluorcarbono-113 (CFC-113) e o metilclorofórmio (MCF) eram largamente utilizados em diferentes escalas na sua fábrica de microeletrônica para uso nos computadores. Os esforços alteraram os processos de produção, resultando em solventes à base de água, além do uso de equipamentos para absorver emissões que prejudicassem a camada de ozônio. O resultado obtido pela IBM foi a eliminação, em 1993, do uso do CFC nos produtos e emissões, ocorrendo o mesmo com o MCF em 1996 (SPERANZA, 1994).

As novas tecnologias desenvolvidas pela IBM foram adotadas nas fábricas de Austin, Texas, Sindelfingen na Alemanha e Bromont no Canadá, além de serem difundidas para seus fornecedores, outras indústrias, agências do governo e também para a Cooperativa para Proteção da Camada de Ozônio (*International Cooperative for Ozone Layer Protection*).

### 3.1.1 Legislação Americana

Em 1976, nos Estados Unidos, o Congresso americano aprovou o *Resource Conservation and Recovery Act - RCRA* (Ato de Conservação e Reaproveitamento de Recurso) que atribuiu autoridade à Agência Americana para Proteção do Meio Ambiente (*Environmental Protection Agency – EPA*) para controlar os resíduos perigosos do “berço ao túmulo”, ou seja, incluindo sua geração, transporte, tratamento, armazenamento e disposição. Esse ato foi um marco na história americana do gerenciamento de resíduos, estabelecendo programas distintos e interrelacionados para lidar com o problema, dentre eles o gerenciamento dos resíduos perigosos. Em 1984, o RCRA foi complementado pela *Federal Harzadous and Solid Waste Amendments – HSWA* (Emenda para Resíduos Sólidos Perigosos) que proibiu a prática de disposição de resíduos perigosos em aterros. No entanto, este Ato raramente é utilizado para banir substâncias usadas no desenvolvimento de produtos eletrônicos. Monitores de tubos de raios catódicos e televisores contendo chumbo são os únicos dispositivos eletrônicos que recebem a classificação de perigosos de acordo com as diretrizes federais atuais. E esses produtos não são considerados perigosos pela lei federal se

forem descartados pelas residências, mesmo se tenham resultados positivos para testes de conteúdos tóxicos (GREENEMEIER, 2008).

Em 2003, o Estado da Califórnia nos Estados Unidos aprovou uma lei que proibiu o comércio de qualquer equipamento eletrônico que tivesse sua venda proibida na Europa por causa da presença de metais pesados. Estabeleceu a data de janeiro de 2007 como limite para que todas as empresas estivessem adequada à esta Lei. Nesse ano, a Agência Americana para Proteção ao Meio Ambiente juntou forças com os Centros de Controle e Prevenção de Doenças (*Centers for Disease Control and Prevention - CDC*) e com a Agência para o Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR*) para a promoção da saúde da comunidade americana e defesa do meio ambiente.

Atualmente, nove estados – incluindo Califórnia, Maine, Maryland e o estado de Washington – possuem leis de devolução que obrigam os vendedores de produtos eletrônicos a aceitarem dispositivos descartados por seus consumidores (GREENEMEIER, 2008).

### 3.1.2 Legislação Europeia

A Comunidade Europeia (CE), através da diretiva nº1999/31/CE, já definia diferentes categorias de resíduos (resíduos urbanos, perigosos, não perigosos, inertes) de modo a prevenir ou reduzir os efeitos negativos da disposição de resíduos em aterros. Posteriormente, esta diretiva foi alterada pelos regulamentos nº 1882/2002 e 1137/2008. Trienalmente, os Estados-Membros devem apresentar à Comissão Europeia um relatório sobre a aplicação dessa diretiva e a CE, por sua vez, deverá publicar um relatório comunitário relativo aos resultados obtidos pelos Estados-Membros.

Em 2003, o lançamento da diretiva 2002/95/EC (*Restriction of Hazardous Substance – RoHS*) restringiu o uso de substâncias perigosas no processo de fabricação de eletroeletrônicos como o chumbo, mercúrio, cromo hexavalente, dos retardantes de chama bromobifenilas (PBB) e éteres de bromobifenilas (PBDE) a no máximo 0,1% e do cádmio em níveis acima de 0,01. A diretiva entrou em vigor em julho de 2006, proibindo a comercialização dos produtos com níveis das substâncias acima dos níveis determinados. Todas as substâncias devem ser verificadas, posto que o produto será considerado em desacordo caso alguma esteja fora de limite estabelecido.

A diretiva nº 2002/96/EU, também publicada em 2003, dispôs sobre os resíduos eletroeletrônicos - REEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment - WEEE*), prevendo seu

tratamento, reutilização, reciclagem e recuperação dos eletroeletrônicos. Essa diretiva adotou o conceito de ciclo de vida do produto na tentativa de redução dos resíduos eletroeletrônicos, pressupondo a responsabilidade compartilhada desde o seu projeto, processo de fabricação, comercialização e uso pelos consumidores até sua disposição final. Prevê a responsabilidade pós-consumo do produtor, visando com isso eliminar a necessidade de tratamento especial do descarte, se observado o preconizado pela diretiva nº 2002/95/EC (diretiva *RoHS*).

Em 2007, a introdução dos requisitos estabelecidos pela *REACH - Regulation on Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals* (Regulação no Registro, Evolução, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas) teve como principal objetivo garantir um alto nível de proteção à saúde humana e ao meio ambiente em relação à substâncias químicas. Após a *REACH*, a lista de substâncias químicas a serem controladas mais que dobrou em relação à época da diretiva *RoHS*.

Ainda na Comunidade Europeia, a diretiva nº 2008/98/CE, tal como o RCRA dos americanos, foi um marco jurídico. Estabelece os requisitos essenciais para o tratamento de resíduos, obrigando os Estados-Membros a elaborarem planos de gestão para tal. Com o objetivo de eliminar a relação existente entre o crescimento econômico e a geração de resíduos, visa a controlar todo o ciclo de resíduos desde a sua produção até a sua eliminação, centrando-se na valorização e reciclagem dos resíduos. Não impede que cada país membro tenha suas próprias normas de gerenciamento, contanto que se preocupem com a preservação do meio ambiente e da saúde pública.

No entanto, embora muito se tenha avançado com o auxílio da legislação vigente, verificam-se dificuldades a serem vencidas mesmo em países desenvolvidos. De acordo com o relatório da Comunidade Europeia, datado de novembro de 2009, sobre a aplicação da legislação comunitária relativa aos resíduos, englobando diversas diretivas ambientais além das mencionadas nos parágrafos anteriores, verifica que “a aplicação da diretiva sobre a deposição de resíduos em aterros ainda é muito insatisfatória e devem ser efetuados esforços significativos para melhorá-la. Dez anos após a adoção da diretiva, nenhum Estado-Membro declarou ainda que transpôs e aplicou a totalidade das suas disposições” (EUROPA, 2011).

### **3.2 Fatos relevantes no ordenamento jurídico ambiental brasileiro**

No ano seguinte ao da Conferência de Estocolmo, o Brasil criou a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), coordenada pelo Ministério do Interior, iniciando então seu processo de regulamentação na área ambiental.

O estabelecimento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) pela Lei nº 6.938 de 31/08/81 foi um marco no contexto nacional, tendo como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida. Visa a assegurar, ao País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), formado por órgãos e instituições ambientais da União, do Distrito Federal, dos Estados e dos Municípios, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. Como órgão colegiado, instituiu o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) com a finalidade primordial de dar cumprimento aos princípios constitucionalmente previstos e nas normas infraconstitucionais instituídas.

Na Constituição Federal de 1988 figurou, pela primeira vez, o tema ambiental. O Art. 225 da CF/88 estabeleceu direitos e obrigações do Estado e da Sociedade, na garantia de um meio ambiente ecologicamente equilibrado que deve ser preservado e mantido para a presente e futuras gerações. Verifica-se, nesse artigo, que para a garantia desse direito cabe ao Poder Público, em todas as esferas, “controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente”.

Em 1998, condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente passaram a ser punidas civil, administrativa e criminalmente após a aprovação da Lei de Crimes Ambientais no Brasil, uma das mais avançadas do mundo. A Lei não trata apenas de punições severas: ela incorpora métodos e possibilidades de não aplicação das penas, desde que o infrator recupere o dano ou, de outra forma, pague sua dívida à sociedade.

Depois de vinte e um anos tramitando no legislativo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.315 foi sancionada em agosto de 2010. Esta Lei integra a PNMA e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei nº 11.445, de 2007 e com a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.

A PNRS estabeleceu as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos exceto os radioativos por possuírem legislação específica, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Estão sujeitos a ela as pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos, e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos, ao disposto em seu texto.

A Lei incorporou onze princípios dentre os quais se destacam: o poluidor-pagador, o protetor-recebedor, o desenvolvimento sustentável, a eco eficiência proporcionada pela compatibilidade entre a produção de produtos e serviços de que satisfaçam as necessidades humanas com mínimo impacto ambiental, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social.

Os resíduos perigosos estão mencionados nos objetivos e instrumentos da PNRS que incluem a redução do volume e de sua periculosidade e a previsão de criação do Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos, sendo obrigadas a se cadastrarem as pessoas jurídicas que operam com resíduos perigosos, em qualquer fase do seu gerenciamento. A instalação e o funcionamento de empreendimento ou atividade que gere ou opere com resíduos perigosos somente podem ser autorizados ou licenciados pelas autoridades competentes se o responsável comprovar, no mínimo, capacidade técnica e econômica, além de condições para prover os cuidados necessários ao gerenciamento desses resíduos. Ficam sujeitas à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos perigosos, podendo este plano ser inserido no plano de gerenciamento de resíduos sólidos da pessoa jurídica, conforme previsto no Art. 39 desta lei.

Fica instituído um sistema de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que deverá envolver os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. Este ciclo engloba a história do produto desde a sua fase de concepção, definição, produção, operação, obsolescência ou descarte até a disposição final. Idealmente, uma análise de ciclo de vida seria composta de um inventário de insumos e de resíduos, com os riscos associados a cada entrada e saída derivados de cada fase do ciclo. A responsabilidade compartilhada tem por objetivo incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente, reduzindo a geração de resíduos pela promoção do seu aproveitamento.

Assim, em se tratando dos resíduos eletroeletrônicos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa. Nesse sentido, cabe a eles assegurar a implementação e operacionalização desses sistemas sob seu encargo, podendo atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, bem como disponibilizar postos de entrega de dispositivos

eletroeletrônicos. Os consumidores, por sua vez, deverão encaminhar para esses postos seus aparatos eletroeletrônicos após o uso, de modo a auxiliar o processo de logística reversa.

A ABINEE iniciou em novembro de 2010 um programa de logística reversa de pilhas e baterias de uso doméstico, prevendo o recebimento em todo território nacional das pilhas usadas, devolvidas pelo consumidor. O material está sendo encaminhado à Empresa Suzaquim Indústria Química, localizada na região metropolitana da Grande São Paulo para sua reciclagem, arcando com os custos desta destinação final os fabricantes e importadores. Sendo regulares, a ABINEE notifica a marca responsável para que assuma seu passivo (ABINEE, 2011).

No que se refere aos instrumentos econômicos, o poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, às iniciativas de prevenção e redução da geração de resíduos sólidos no processo produtivo.

O Decreto nº 7.404, de dezembro de 2010, estabeleceu as normas para a execução da PNRS. Criou o Comitê Orientador e o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos para apoiar a estruturação e implementação da PNRS. Delegou ao Comitê Interministerial, composto por 12 ministérios e coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, a responsabilidade de coordenar a elaboração e a implementação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Este plano, conforme previsto na Lei 12.305/2010, tem vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, com atualização a cada 04 (quatro) anos. O Decreto 7.404/2010 estabeleceu a obrigatoriedade de elaboração de uma Versão Preliminar do Plano que foi lançado em setembro de 2011 de modo a possibilitar uma ampla participação da sociedade. Segundo o texto dessa versão, o processo de elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos contará com cinco audiências públicas regionais, em uma audiência pública nacional. Simultaneamente às audiências públicas está previsto o processo de consulta pública pela internet por um período mínimo de sessenta dias.

### **3.3 O alinhamento do setor público naval à legislação ambiental**

A década de 1980 foi um período marcado pelo início da implantação de programas de qualidade total nas empresas americanas e europeias, na tentativa de conter o avanço das vendas dos produtos japoneses (AFESBJ, 2002, p.52). Esta nova filosofia gerencial atribuía a todos os aspectos da empresa a responsabilidade pela qualidade do produto ou serviço, deixando de ser um aspecto do produto e responsabilidade apenas de departamento específico. Esse sistema da qualidade culminou com a elaboração e divulgação das Normas ISO

(*International Organization for Standardization*) da série 9000, na Europa, em 1987, chegando ao Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Essas normas derivaram das normas inglesas BS-750 (*British Standard*), integrando a fase da Gestão da Qualidade.

As organizações públicas perceberam a necessidade de adotar instrumentos de gestão de processos e sistemas que as tornassem mais competitivas, não apenas para atender a transformações nos modelos de gestão, mas também para satisfazer às necessidades dos cidadãos, usuários das diversas áreas de atuação do setor público. Nesse sentido, os conceitos de qualidade foram incorporados à administração pública estendendo-se à qualidade ambiental.

Reduzir os custos com a eliminação de desperdícios, desenvolver tecnologias limpas e baratas, reciclar insumos não são apenas princípios de gestão ambiental, mas condição de sobrevivência empresarial (AFESBRJ, 2002).

As normas brasileiras da série NBR ISO 14.000 compartilham princípios comuns de sistemas de gestão com a série de Normas NBR ISO 9000, sendo aplicáveis a empresas públicas e privadas. Contudo, enquanto os sistemas de gestão da qualidade tratam das necessidades dos clientes, os sistemas de gestão ambiental atendem às necessidades de um vasto conjunto de partes interessadas e às crescentes necessidades da sociedade acerca da proteção ambiental.

Nesse sentido, verifica-se a presença da Marinha do Brasil como órgão de estratégica importância no âmbito ambiental, desde a época em que aplicava multa aos navios que varressem para a baía a cinzas do carvão usado como combustível para os navios. Baseando-se em aspectos legais e nas normas ISO da série 14.000, a Marinha do Brasil buscou orientar a implantação do Sistema de Gestão Ambiental nas Organizações Militares do setor operativo, com potencial de poluição ambiental, através da implantação das Normas Técnicas Ambientais (NORTAM) elaboradas pela Diretoria de Portos e Costas (DPC). Em 2007, a DPC lançou a NORTAM-06 que previa a separação dos resíduos recicláveis a serem descartados pelas organizações da Marinha do Brasil. Essa Norma determinava a criação da Comissão de Coleta Seletiva Solidária com a finalidade de auxiliar o cumprimento do Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006.

## 4 A EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS NAVAIS

Neste capítulo está a caracterização do cenário onde se desenvolveu o estudo de caso explanado no capítulo seis, apresentando informações de sua localização, contingente humano e área ocupada por suas instalações em um breve histórico sobre sua criação e modificações em sua estrutura organizacional. São abordados os processos mais relevantes de geração de resíduos eletroeletrônicos da Empresa e quais os resíduos gerados em suas atividades. Finalmente, são comentadas as tentativas de gestão ambiental na Empresa.

### 4.1 Breve Histórico

Situando-se dentro do complexo da Ilha das Cobras, no Centro do Rio de Janeiro, a Empresa, criada em abril de 1975 para atender às necessidades de instalação, reparo e manutenção de equipamentos e sistemas cada vez mais modernos e complexos na área de eletrônica naval, abrangia uma área de aproximadamente 2.751 m<sup>2</sup>.

Conforme sua carteira de serviços se ampliava, acompanhando a modernização dos meios navais e aeronavais, a Empresa expandia suas instalações e aumentava seu corpo técnico. Em períodos de construções de navios como das corvetas classe Inhaúma e submarinos da classe Tupi, chegou-se à quantidade de 500 funcionários. No edifício original, com cobertura em aço e telhas de amianto, erigido em 1961, foi construído o terceiro pavimento. Em 1984, a Empresa edificou seu segundo prédio e, entre 1985 e 1987, novas obras foram realizadas para incorporar aos dois anteriores, um terceiro prédio. Finalmente, em 2005, outro edifício de quatro andares foi anexado à Empresa formando, com os demais, uma área construída de aproximadamente 9.000 m<sup>2</sup>. O complexo de edifícios da Empresa é mostrado nas fotos da Figura 4 adiante. No detalhe à direita, observam-se os edifícios numerados na ordem de incorporação à Empresa.

No início de 2010, a Empresa apresentava-se com cerca de 250 funcionários, metade do efetivo em relação ao início da década de oitenta. Essa evasão de mão de obra pode ser atribuída ao envelhecimento natural do corpo técnico, ao reaquecimento do setor naval e *off shore* a partir da Lei do Petróleo (Lei 9.478/97 de 06 de agosto de 1997), que abriu o mercado de exploração e refino de petróleo atraindo diversos profissionais da Empresa, e à falta de políticas governamentais e institucionais para novas contratações. Mais de 60% do corpo técnico é formado por técnicos e engenheiros com mais de 20 anos de profissão, estando cerca de 5% deles no limiar de completar seu tempo de serviço.



Figura 4 - Vista aérea do complexo de edifícios da Empresa, fevereiro de 2010

Após 35 anos de funcionamento, a Empresa fundiu-se a outras duas, uma atuante no setor de sistemas de armamentos e outra em software de sistemas operativos navais, em março de 2010, sem que houvesse uma paralisação de suas atividades. Verificou-se, com isso, dificuldades iniciais de adaptação ante às novas instalações, ambientes de trabalho e novos procedimentos.

De modo a otimizar os recursos materiais e de pessoal da Empresa, algumas alterações foram de imediato implementadas. Alguns setores como administração e finanças se aglutinaram. Naqueles em que, antes da fusão, se desenvolviam atividades fim, houve uma espécie de justaposição com o remanejamento de algumas tarefas. Foi o caso dos reparos de alguns módulos de controle dos sistemas de armas que passaram a ser efetuados nas oficinas de eletrônica da antiga Empresa onde se originou este estudo. No setor relativo à antiga Empresa de sistemas de armamentos, efetuam-se agora apenas serviços relativos à mecânica dos sistemas de armas.

Verificou-se que as Entidades que se uniram à Empresa necessitavam de alguns serviços de manutenção de suas instalações. Tão logo houve a fusão, parte dos recursos da Empresa, angariados a custa do orçamento de 2010 e de recebimentos de serviços futuros, foram investidos nelas.

Atualmente, pode-se dizer que a Empresa está se reestruturando, e que mudanças ainda deverão ocorrer para que se obtenha a melhor alocação de seus 600 funcionários, distribuídos em uma área de aproximadamente 12.064m<sup>2</sup>. A Figura 5 mostra a localização física dos edifícios que atualmente compõem a Empresa.



Figura 5 - Vista aérea do complexo de edifícios da Empresa, abril de 2010

Por conta da fusão de duas Entidades prestadoras de serviços nos setores de armamento e software dos sistemas navais à Empresa, seu Planejamento Estratégico está sendo revisto. Prevê-se a criação de um sistema de gestão ambiental integrado ao novo sistema de qualidade, também em revisão no momento.

Seu portfólio atual inclui serviços em sistemas eletrônicos, de armamento e software de sistemas navais, aeronavais e de organizações terrestres, com atividades de teste, reparo, manutenção, instalação e desinstalação de unidades e sistemas.

#### 4.2 Estrutura Organizacional da Empresa

A Empresa em estudo apresenta uma estrutura organizacional do tipo matricial na área de gestão que possibilita a flexibilidade e adaptabilidade da organização ao ambiente mutável, ao mesmo tempo em que facilita a cooperação interdisciplinar entre seus departamentos. Por outro lado, esta estrutura dificulta por vezes a apuração de responsabilidades e a coordenação de atividades entre esses mesmos departamentos.

Ao mesmo tempo, estando subordinada à hierarquia militar do Comando da Marinha, permite o rodízio de funcionários militares, incluindo o diretor da Empresa que é substituído a cada dois anos. Essa rotatividade de mão e obra ocasiona uma constante perda de conhecimento técnico e a descontinuidade de alguns trabalhos de relevância, ocasionando o aumento da contratação de terceiros.

A Empresa é constituída por cinco Departamentos, sendo eles: Eletrônica, Armas, Software de Sistemas de Controle, Finanças e Administração. O Departamento de Eletrônica,

foco inicial deste estudo, é formado por sete Divisões que, por sua vez, subdividem-se em vinte Seções, com atividades de manutenção e reparo.

#### 4.3 A geração dos REEE potencialmente perigosos ao meio ambiente

A Empresa acompanhou, ao longo dos anos, a evolução dos sistemas eletrônicos instalados nos navios de guerra da esquadra brasileira, buscando a excelência no cumprimento de sua missão estratégica de defesa e salvaguarda dos interesses do país.

Para prover os seus navios de guerra, o Brasil importou tecnologia estrangeira para a maioria dos seus sistemas eletrônicos. Em muitas ocasiões, o país se limitou às tecnologias secundárias e ultrapassadas, ou mesmo, ficou sujeito às restrições de suprimentos, inclusive de sobressalentes (COELHO, 2009).

Levando-se em conta as datas de incorporação dos sistemas eletroeletrônicos, ainda hoje em uso pelos clientes da Empresa, verifica-se que boa parte deles utiliza componentes manufaturados com substâncias perigosas, fora dos limites impostos pelas orientações legislativas atuais, em sua fabricação.

Em função de sua missão de reparar, manter, testar e instalar equipamentos e sistemas eletrônicos navais, muitas vezes substituindo sistemas ultrapassados por outros mais modernos, a Empresa vem gerando REEE sem a contrapartida de um sistema de gerenciamento adequado para eles.

As Divisões do Departamento de Eletrônica desempenham atividades técnicas relativas à área de eletrônica naval, tanto em bancada na própria Empresa quanto nas dependências dos clientes. São atividades fim do Departamento de Eletrônica:

- Manutenção e reparo de placas de circuito impresso, módulos, equipamentos e sistemas eletrônicos;
- Instalação e desinstalação de módulos e sistemas eletrônicos;
- Confecção de peças de metal ou teflon;
- Revisão de antenas e motores; e
- Pintura de peças de metal.

Todas as atividades geram resíduos industriais. O Quadro 9 mostra resumidamente os processos do Departamento de Eletrônica, de forma a se avaliar qualitativamente o tipo de resíduo eletroeletrônico gerado.

Quadro 9 - Processos e resíduos do Departamento de Eletrônica

| Processos  | Resíduos gerados  | Setor  |
|--|---|--|
| Reparo, manutenção e teste de equipamentos eletroeletrônicos na Empresa e nas instalações dos clientes | Eletroeletrônicos de pequeno porte (resistores, capacitores, indutores, bobinas e transformadores, transistores e diodos de silício, semicondutores em geral, válvulas, transistores de berílio, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e restos de solda chumbo-estanho).                         | Seções do Departamento de Eletrônica, exceto Antenas, Instalação e Comissionamento |
|  | Rejeitos como pano, algodão, estopa ou cotonetes sujos com produtos químicos usados para limpeza, material de lata de embalagens metálicas de lubrificantes, limpa contato, congelante à base de <i>freon</i> , removedor de verniz, vidro de benzina, recipientes de álcool, recipientes de acetona. | Todas as Seções do Departamento de Eletrônica                                      |
| Instalação e retirada de equipamento e sistemas eletroeletrônicos                                      | De pequeno porte (placas de circuito impresso, gabinetes, conectores, adaptadores, parafusos, porcas, abraçadeiras de alumínio, bases de madeira, alumínio e ferro, e percintas plásticas e outros).  | Seções de Instalações e Antenas  |
|  | Geração de resíduos sólidos de médio e grande porte (gabinetes metálicos de sistemas, testadores, fios, cabos, antenas e motores e outros).   |  |
| Confecção de peças metálicas   | Aparas de alumínio.   | Seção de Mecânica  |

Durante os serviços executados nas Seções do Departamento de Eletrônica, vários processos da Empresa se entrelaçam de modo a cumprir sua missão. Conforme mostra o Quadro 10, os REEE não derivam apenas das atividades do Departamento de Eletrônica. Provêm também dos setores administrativos, da própria manutenção da Empresa, entre outros.

Quadro 10 - Principais processos da Empresa e seus resíduos eletroeletrônicos

| <b>Processos</b>   | <b>Resíduos eletroeletrônicos gerados</b>  | <b>Setor</b>                                |
|--|--|---|
| Reparo, manutenção e teste de equipamentos eletroeletrônicos na Empresa e nas instalações dos clientes | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Resíduos eletroeletrônicos de pequeno, médio e grande porte (componentes eletroeletrônicos como resistores, capacitores, indutores, bobinas e transformadores, transistores e diodos de silício, semicondutores em geral, válvulas, transistores de berílio, pilhas e baterias (NiCd, NiMH, lítio), lâmpadas fluorescentes e de vapor de mercúrio, rejeitos de solda chumbo-estanho, placas de circuito impresso); e</li> <li>-Resíduos eletroeletrônicos de médio porte (submódulos e módulos de equipamentos e sistemas eletrônicos); e</li> <li>-Módulos e placas de computadores.</li> </ul> | Seções ligadas às atividades fim da Empresa |
| Manutenção de viaturas   | -Lâmpadas fluorescentes e baterias chumbo-ácido.   | Seção de Viaturas                           |
| Atividades administrativas   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Módulos e placas de computadores, baterias de telefone e pilhas, lâmpadas fluorescentes e a vapor de mercúrio entre outros; e</li> <li>-Módulos e placas de computadores, baterias de telefone e pilhas.</li> </ul>  | Setores administrativos da Empresa          |
| Armazenamento de sucatas   | -Módulos de médio e grande porte derivados de baixa de material.   | Paiol de LVAD                               |
| Manutenção das instalações da Empresa  | -Lâmpadas fluorescentes e a vapor de mercúrio entre outros.  | Todos os setores da Empresa                 |

As aquisições de materiais para uso nas atividades da Empresa são realizadas em obediência à Lei 8666 (Lei de licitações) quando provenientes do comércio, além do recebimento de insumos dos depósitos no âmbito da Marinha. Normalmente, não há exigência de componentes com redução ou eliminação de substâncias tóxicas como menciona a diretiva *RoHS*, tal como não há um cadastro de fornecedores desse tipo. Também não há uma política de logística reversa implementada na Empresa com vistas à devolução de dispositivo eletroeletrônico aos seus fabricantes por conta de sua substituição em atendimento ao Programa de Reparelhamento da Marinha (PRM).

Normalmente, os materiais eletroeletrônicos são adquiridos para uso imediato, mas alguns são armazenados no Almoxarifado da Empresa para uso posterior. Atendendo ao critério do menor preço, por vezes são adquiridas pilhas e baterias em quantidade maior do que o previsto, sendo este item fornecido aos setores quase no final de sua vida útil.

Tanto o setor de Aquisições quanto o Almoxarifado não se subordinam ao Departamento de Eletrônica, atendendo a todos os setores da Empresa.

À exceção dos resíduos que são vendidos a peso, a Empresa deposita os REEE decorrentes de suas atividades diárias como pequenas quantidades de sucatas de placas de circuito impresso juntamente com resíduos orgânicos, aparas de metal, cavacos de madeira entre outros, em caçambas disponibilizadas pelo órgão coletor de resíduos.

#### **4.4 O histórico da gestão ambiental na Empresa**

Em 2002, a Diretoria de Portos e Costas (DPC) publicou a Portaria nº 218, iniciando-se então às atividades ligadas ao meio ambiente na Empresa. De acordo com as orientações contidas nessa portaria, a Empresa deveria formar uma comissão de estudos que levantaria os aspectos e impactos ambientais relativos às suas atividades de modo a tomar providências futuras quanto a evitar prejuízos ao meio ambiente.

Inicialmente, foi formada uma Comissão com funcionários da Empresa que relacionaram os tipos de resíduos gerados pelas atividades de cada Setor. Posteriormente, com a aplicação de metodologia indicada pela DPC identificaram-se os tipos predominantes de resíduos a serem seletivamente coletados. Quatro recipientes distintos de coletores foram escolhidos para os resíduos derivados de papel, plástico, lata e vidro, incluindo-se mais tarde um local específico para o depósito de pilhas e baterias.

Ressalta-se que, até se chegar a esse nível de segregação de resíduos, o trabalho de conscientização dos funcionários da Empresa foi lento, realizado através de boletins, jornal interno da Empresa e palestras.

No entanto, os integrantes das comissões desconheciam, na época, o potencial tóxico dos resíduos eletroeletrônicos gerados pela Empresa e, conseqüentemente, os possíveis danos ocasionados por eles. Por isso, o que não era papel, plástico, lata ou vidro era misturado com o lixo comum nos demais recipientes não usados para a coleta segregada que incluíam resíduos orgânicos do restaurante, panos sujos de óleo, tinta e resíduos eletroeletrônicos (REEE).

Mesmo com todo o sucesso obtido, o trabalho de segregação do lixo teve pouca duração. Uma das causas da não sustentação do processo foi a falta de um setor responsável pela gestão ambiental da Empresa e o desconhecimento da sua importância pela alta direção da época. Em virtude da rotatividade dos diretores na Empresa, permanecendo na casa por apenas dois anos, a atenção do gestor voltava-se para os resultados financeiros e atividades fim da Empresa. O golpe final ocorreu com a disseminação de que o órgão responsável pela coleta dos resíduos misturava indistintamente o conteúdo de todos os recipientes, usados e não usados para a segregação dos resíduos, em um mesmo caminhão de coleta.

Embora fosse a entidade titular com responsabilidade frente à DPC para a gestão do meio ambiente, o órgão coletor possuía, na época, um sistema de coleta seletiva ainda em processo de estruturação.

Além disso, os responsáveis na Empresa pela implementação das orientações da DPC não detinham conhecimento sobre gerenciamento de resíduos, sequer sobre sua periculosidade, condições especiais de transporte e condicionamento e nem de destinação adequada.

Assim, a falta de um sistema de gestão ambiental na Empresa ou uma gestão integrada com o órgão coletor acarretou, aos poucos, uma desmobilização dos funcionários e supervisores da comissão formada para a coleta seletiva.

Em 2007, a DPC publicou a Norma Técnica Ambiental nº 06 (NORTAM-06) prevendo a separação dos resíduos recicláveis descartados pelas organizações da Marinha do Brasil tendo o propósito de:

Estabelecer normas, em cumprimento à determinação do Comandante de Operações Navais, ratificada pelo Comandante da Marinha, para orientar as OM da MB quanto ao estabelecido no Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006, que institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis ( NORTAM-06, 2007).

O capítulo 1 da NORTAM-06, item 1.1, determinou a criação da Comissão de Coleta Seletiva Solidária com a finalidade de auxiliar o cumprimento do Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006.

Para tal intento, formou-se uma Comissão para que se implementassem procedimentos que concorressem para o atendimento do Decreto nº 5.940. Contudo, como ocorrido em 2002, observou-se grande dificuldade em se estabelecer uma estrutura voltada para esse trabalho por conta da falta de orientação e capacitação técnica proporcionada aos integrantes da Comissão. Poucos avanços no sentido de separar os resíduos recicláveis ou destiná-los a associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis foram obtidos.

Ainda hoje, a Empresa não dispõe de um sistema de gerenciamento de resíduos, principalmente dos REEE, descartando-os de modo inadequado através do depósito de seus resíduos gerados, perigosos ou não, em caçambas como as da Figura 6, em desacordo com as instruções do Guia de Informações & Serviços do órgão coletor.

Em contrapartida, órgão coletor ampliou sua capacidade de coleta, mudando seu panorama de gestão ambiental de alguns anos para cá. Conveniu-se a empresas e cooperativas de catadores de materiais recicláveis que atuam no recolhimento da maioria dos resíduos produzidos na região, atendendo ao preconizado no decreto nº 5.940/2006. Atualmente, esse órgão dispõe de recipientes específicos para a coleta de diferentes resíduos, desenvolvendo a capacidade de reciclar quase dez por cento do total coletado.



Figura 6 - Caçambas disponibilizadas pelo órgão coletor

Como se observa a Empresa não faz uso das facilidades de segregação de resíduos do órgão coletor, nem da estrutura implementada por esse órgão em atendimento ao Decreto nº 5.940, descartando diariamente resíduos perigosos com potencial para contaminar o meio ambiente.

É importante registrar que o órgão coletor de resíduos subordina-se à Prefeitura da ilha onde se localiza a Empresa. A Prefeitura, por sua vez, está hierarquicamente posicionada abaixo do Conselho Gestor da ilha. A Empresa paga uma espécie de condomínio ao Conselho Gestor pela sua instalação na ilha, sendo o valor cobrado calculado em função de serviços utilizados como fornecimento de água, luz e coleta de resíduos.

Para prover seus navios de guerra, o Brasil vem importando tecnologia estrangeira para a maioria dos seus sistemas eletrônicos. Em muitas ocasiões, o País se limitou às

tecnologias secundárias e ultrapassadas, ou mesmo ficou sujeito às restrições de suprimentos, inclusive de sobressalentes (COELHO, 2009). Nos últimos anos, boa parte desses sistemas eletroeletrônicos instalados nas décadas de 1970 e 1980 nos navios vem sendo sistematicamente substituída em consequência de programas de modernização.

Pelo estudo dos constituintes químicos utilizados nos componentes eletroeletrônicos que compõem esses sistemas em processo de modernização, verifica-se que eles se enquadram na classificação de perigosos, com grande possibilidade de estarem fora dos limites impostos pela legislação ambiental atual. Levando-se em consideração que os submódulos que compõem esses sistemas serão, em sua maioria, descartados, verifica-se a necessidade premente de um sistema de gerenciamento de resíduos, principalmente para os REEE, de modo a evitar impactos e passivos ambientais.

## 5 METODOLOGIAS DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO UTILIZADAS

Durante o processo de análise dos componentes eletroeletrônicos, foram pesquisadas algumas técnicas que facilitassem seu ordenamento segundo alguns critérios. Dentre as técnicas utilizadas neste estudo estão a técnica e o diagrama de Pareto, as matrizes G.U.T e a matriz B.A.S.I.C.O, cujas metodologias são descritas brevemente a seguir. Um exemplo prático da aplicação das 3 técnicas a um problema é apresentado didaticamente no Apêndice E para melhor entendimento.

### 5.1 Técnica de Pareto

#### 5.1.1 Conceito

Vilfredo Pareto (1848-1923) foi um economista italiano que estudou a distribuição da riqueza pela população, concluindo que cerca de 80% está nas mãos de aproximadamente 20% das pessoas. Trata-se de uma técnica simples onde é possível verificar que poucas causas ocasionam efeitos significativos, enquanto uma quantidade significativa de causas normalmente concorre para efeitos de pequenas proporções.

Na área de gestão, é comum que se aplique esse conceito para selecionar prioridades quando se enfrenta um grande número de problemas. Verifica-se que a maioria dos problemas tem como origem um pequeno número de causas. Dedicando-se ao estudo dessa pequena quantidade de causas, pode-se chegar à solução da quase totalidade dos problemas. O primeiro passo, então, é identificar as causas que provocam as consequências mais danosas, estabelecendo critérios de ponderação.

#### 5.1.2 Classificação dos resíduos quanto à periculosidade, para aplicação de Pareto

Para a análise dos REEE com a técnica de Pareto, foi desenvolvido um critério de ponderação baseado nos critérios *RQ* e *TES* da *ATSDR*. Os Quadros 26 e 27 no Capítulo 7 mostram as correlações entre as ponderações proporcionadas por esses parâmetros e o critério adotado. O objetivo foi identificar os REEE mais impactantes do ponto de vista ambiental, de forma a priorizar o seu gerenciamento segundo as possibilidades da Empresa.

Em uma pesquisa no *website* da Agência americana para o Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR*), encontraram-se informações e parâmetros relacionados à periculosidade de certas substâncias contidas nos CEEE/REEE. As informações da *ATSDR* fazem referência a um número maior de constituintes químicos presentes nos CEEE/REEE do que a norma NBR 10.004/04, tendo sido escolhida nesta análise.

No Quadro 11 adiante são apresentadas as graduações dos constituintes químicos da amostra de CEEE/REEE pelos critérios *RQ* e *TES* da *ATSDR*.

O parâmetro *RQ* (*Reportable Quantity*) é a quantidade de referência ou quantidade reportada de determinada substância usada para graduar a sua periculosidade. Este parâmetro é estabelecido em função de um sistema bastante completo de caracterização da periculosidade da substância em função da sua toxicidade, considerando seus efeitos à saúde humana. Desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental americana (*Environmental Protection Agency-EPA*), baseia-se na toxicidade aguda e crônica, carcinogenicidade, toxicidade aquática, ignibilidade e reatividade da substância.

Os *RQ* são determinados separadamente para cada critério e o menor valor encontrado é escolhido para representar o *RQ* da substância. Para o *RQ*, a *ATSDR* utiliza os níveis de pesos 1, 10, 100, 1000 e 5000, sendo o nível 1 equivalente ao maior nível de periculosidade e 5000, ao de menor (*SPL Support Document - ATSDR*, 2011).

A mesma metodologia usada para estabelecer o *RQ* foi aplicada às substâncias que não tinham esse parâmetro definido, de modo a estabelecer uma graduação da toxicidade em relação ao meio ambiente, chegando-se ao parâmetro *TES* (*Toxicity/Environmental Score*). O *TES* apresenta níveis de graduação de 1, 10, 100, 1000, 5000 e 50000 e serve apenas como uma metodologia de graduação, sem a finalidade de assumir valores regulatórios de periculosidade. Do mesmo modo que o *RQ*, o nível 1 é atribuído ao maior nível de periculosidade. Muitas fontes de informação a respeito de toxicidade, reatividade, ignibilidade e danos ao meio ambiente são usadas para o estabelecimento do *TES*. A principal base de dados é a TOXNET disponibilizada no modo online pela *National Library of Medicine – NLM* (Biblioteca Nacional Americana de Medicina) (*SPL Support Document - ATSDR*, 2011).

Quadro 11 - Graduação dos constituintes dos CEEE/REEE baseada na ATSDR

| SUBSTÂNCIA<br>QUÍMICA | PARÂMETROS ATSDR |       |
|-----------------------|------------------|-------|
|                       | RQ               | TES   |
| Alumínio              |                  | 5000  |
| Antimônio             | 5000             |       |
| Arsênio               | 1                |       |
| Berílio               | 10               |       |
| Boro                  |                  | 5000  |
| Borato sódio          |                  | 5000  |
| Bromo                 |                  | 10    |
| Cádmio                | 10               |       |
| Carvão                |                  | 50000 |
| Chumbo                | 10               |       |
| Cloro                 | 10               |       |
| Cobalto               |                  | 10    |
| Cobre                 | 5000             |       |
| Cromo                 | 5000             |       |
| Estanho               |                  | 1000  |
| Ferro                 |                  | 50000 |
| Fósforo               | 1                |       |
| Gálio                 | 5000             |       |
| Germânio              | 1000             |       |
| Índio                 | 1000             |       |
| Iodo                  | 100              |       |
| Lítio                 |                  | 1000  |
| Magnésio              | 50000            |       |
| Manganês              |                  | 5000  |
| Mercurio              | 1                |       |
| Níquel                | 100              |       |
| Óx alumínio           |                  | 1000  |
| Óx chumbo             | 10               |       |
| Óx zinco              |                  | 10    |
| PCB                   | 1                |       |
| Potássio              |                  | 50000 |
| Prata                 | 1000             |       |
| Resina fenólica       |                  | 1000  |
| Silício               |                  | 50000 |
| Sódio                 |                  | 50000 |
| Sulfato chumbo        | 10               |       |
| Tântalo               | 5000             |       |
| Tungstênio            |                  | 1000  |
| Zinco                 | 1000             |       |

Fonte: ATSDR, 2010 e 2011.

### 5.1.3 Exemplo de Aplicação

Supondo-se o caso de uma Empresa que esteja com um problema e haja diversas causas que concorram para ele. Como descobrir qual a causa, ou causas, que estariam contribuindo com maior impacto para o problema?

Para a aplicação da técnica de Pareto contrói-se um diagrama (diagrama de Pareto) onde são listadas as possíveis causas relacionadas ao problema e suas frequências de ocorrência durante certo período (Quadro 12).

Quadro 12 - Listagem de causas do problema e frequências de ocorrência

| Causas | Frequência/mês |
|--------|----------------|
| A      | 13             |
| B      | 5              |
| C      | 10             |
| D      | 8              |
| E      | 6              |

A partir da técnica de Pareto é possível concluir que nem sempre o elemento que aparece com maior frequência é o mais importante. Isso se deve ao peso atribuído a esse elemento. Assim, insere-se uma terceira coluna ao diagrama, de modo a possibilitar uma ponderação das causas de acordo com um critério adotado (Quadro 13).

Quadro 13 - Atribuição do Peso às causas do problema

| Causas | Frequência/mês | Peso |
|--------|----------------|------|
| A      | 13             | 1    |
| B      | 5              | 3    |
| C      | 10             | 4    |
| D      | 8              | 5    |
| E      | 6              | 2    |

Em seguida, multiplicam-se as quantidades pelos pesos, inserindo-se o resultado em uma nova coluna chamada **produto** (Quadro 14 adiante).

Quadro 14 - Inserção da coluna Produto (= Frequência x Peso)

| <b>Causas</b> | <b>Frequência/mês</b> | <b>Peso</b> | <b>Produto</b> |
|---------------|-----------------------|-------------|----------------|
| A             | 13                    | 1           | 13             |
| B             | 5                     | 3           | 15             |
| C             | 10                    | 4           | 40             |
| D             | 8                     | 5           | 40             |
| E             | 6                     | 2           | 12             |

Verifica-se que as principais causas do problema são as C e D. A causa A, de maior frequência, passou a ser uma das causas de menor importância para o problema após a adoção dos critérios para estabelecimento do peso.

Antes de prosseguir, ordena-se de modo decrescente a coluna produto como mostrado no Quadro 15

Quadro 15 – Ordenação das Causas pelo Produto

| <b>Causas</b> | <b>Frequência/mês</b> | <b>Peso</b> | <b>Produto</b> |
|---------------|-----------------------|-------------|----------------|
| C             | 10                    | 4           | 40             |
| D             | 8                     | 5           | 40             |
| B             | 5                     | 3           | 15             |
| A             | 13                    | 1           | 13             |
| E             | 6                     | 2           | 12             |

A seguir, para identificar 20% das causas responsáveis por 80% do problema, inserem-se mais duas colunas: uma com o percentual dos resíduos em relação ao seu total (% do Total) e outra com os percentuais acumulados (% Acumulado), como se observa no Quadro 16.

Quadro 16 - Diagrama de Pareto completo

| <b>Causas</b> | <b>Frequência/mês</b> | <b>Peso</b> | <b>Produto</b> | <b>%Total</b> | <b>% Acumulado</b> |
|---------------|-----------------------|-------------|----------------|---------------|--------------------|
| C             | 10                    | 4           | 40             | 33,3          | 33,3               |
| D             | 8                     | 5           | 40             | 33,3          | 66,7               |
| B             | 5                     | 3           | 15             | 12,5          | 79,2               |
| A             | 13                    | 1           | 13             | 10,8          | 90                 |
| E             | 6                     | 2           | 12             | 10            | 100                |
| Total         |                       |             | 120            |               |                    |

Selecionando-se as colunas demarcadas, e fazendo uso do modelo de gráfico ‘Linhas em dois eixos’ do Excel, poderá ser criado um gráfico como o da Figura 7. Para a identificação das causas responsáveis por 80% do problema, é só traçar uma reta para o eixo das abscissas no ponto de interseção da curva do % acumulado na altura equivalente a 80%. As causas apresentadas à esquerda do ponto de cruzamento na abscissa correspondem a 20% do total dos motivos que contribuem o problema.

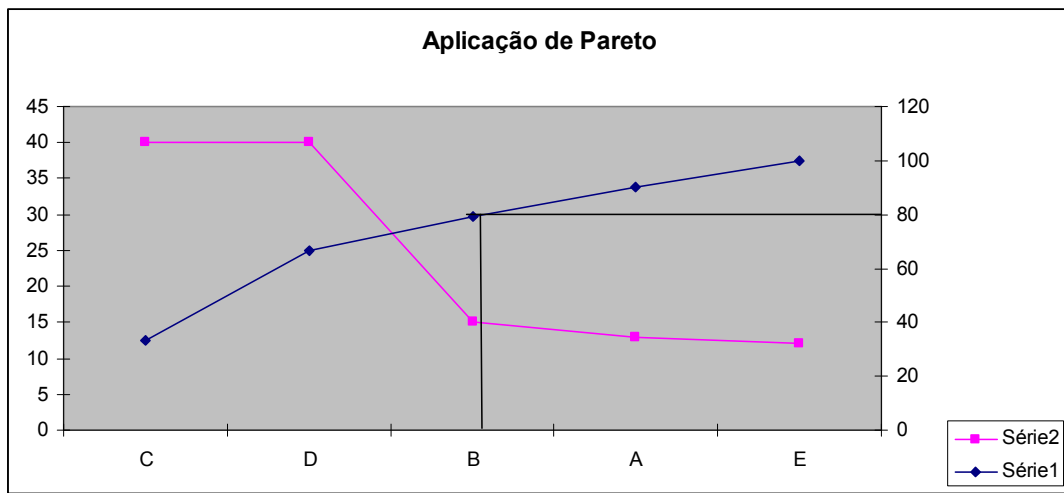


Figura 7 - Visualização gráfica da aplicação da técnica de Pareto

Assim, segundo a análise de Pareto, as causas C, D e um percentual da causa B contribuiriam em 80% para a ocorrência do problema estudado.

Voltando ao Quadro 16, observa-se que as causas C e D atingiram o mesmo valor nas colunas do produto e percentual do total, sendo equivalentes em importância como motivadoras do problema da Empresa. Supondo que a Empresa só tivesse recursos para a solução imediata de uma delas, em qual aplicar os recursos? Para essa tomada de decisão, outras ferramentas de gestão poderiam ser utilizadas. A seguir, são exemplificadas duas delas.

## 5.2 Matriz G.U.T

### 5.2.1 Conceito

A Matriz G.U.T (Quadro 17) recebeu este nome em função das três letras iniciais dos elementos que usa para a tomada de decisão - Gravidade, Urgência e Tendência, sendo a cada um deles atribuída uma nota de 1 a 5, sendo esta a nota máxima.

A **gravidade** é analisada levando-se em conta o impacto que o elemento causa sobre as pessoas e o meio ambiente. Relaciona-se às possibilidades de danos.

A **urgência** é representada pelo tempo desejado ou necessário para solucionar os problemas ocasionados por determinado elemento. Tem a ver com tempestividade na ação para o gerenciamento do resíduo, de modo a evitar ou minimizar seus efeitos negativos (acidentes ou passivos ambientais, por exemplo).

Quadro 17 - Critérios da matriz G.U.T.

| NOTA | Gravidade          | Urgência                 | Tendência ( se nada for feito...) |
|------|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 5    | extremamente grave | precisa de ação imediata | irá piorar rapidamente            |
| 4    | muito grave        | urgente                  | irá piorar em pouco tempo         |
| 3    | grave              | o mais rápido possível   | irá piorar                        |
| 2    | pouco grave        | pouco urgente            | irá piorar a longo prazo          |
| 1    | sem gravidade      | pode esperar             | não irá se alterar                |

A tendência é o potencial de crescimento (piora) do problema. A tendência diz respeito ao dano causado pelo REEE no decorrer do tempo, tendo relação direta com o aumento de geração. Quanto maior a perspectiva de dano, maior a nota.

### 5.2.2 Exemplo de Aplicação

Voltando-se ao problema apresentado no item 5.1.3, a decisão de que causa resolver prioritariamente poderia ser tomada pela análise pela matriz G.U.T. mostrada no Quadro 18 adiante.

Ordenando-se o Quadro 18 pela soma dos critérios gravidade, urgência e tendência, verifica-se no Quadro 19 que a causa D deverá ser prioritariamente resolvida recebendo, portanto, os recursos disponíveis na Empresa.

Quadro 18 - Aplicação da matriz G.U.T ao problema estudado

| Causas | Frequência/<br>mês | Peso | Produto | G | U | T | Soma |
|--------|--------------------|------|---------|---|---|---|------|
| C      | 10                 | 4    | 40      | 5 | 3 | 2 | 10   |
| D      | 8                  | 5    | 40      | 5 | 4 | 3 | 12   |
| B      | 5                  | 3    | 15      | 4 | 3 | 1 | 8    |
| A      | 13                 | 1    | 13      | 1 | 3 | 1 | 5    |
| E      | 6                  | 2    | 12      | 2 | 3 | 1 | 6    |

Quadro 19 - Resultados da matriz G.U.T. ordenados pela soma dos critérios

| Causas | Frequência/<br>mês | Peso | Produto | G | U | T | Soma |
|--------|--------------------|------|---------|---|---|---|------|
| D      | 8                  | 5    | 40      | 5 | 4 | 3 | 12   |
| C      | 10                 | 4    | 40      | 5 | 3 | 2 | 10   |
| B      | 5                  | 3    | 15      | 4 | 3 | 1 | 8    |
| E      | 6                  | 2    | 12      | 2 | 3 | 1 | 6    |
| A      | 13                 | 1    | 13      | 1 | 3 | 1 | 5    |

Observe que o Quadro 19 poderia ter apenas duas linhas, ficando a decisão entre as duas causas a C e D. No entanto, fez-se questão de inserir todas as causas para mostrar que a matriz G.U.T. poderia ser usada para a priorização das causas a serem tratadas para a solução do problema, como o foi na técnica de Pareto.

### 5.3 Matriz B.A.S.I.C.O.

#### 5.3.1 Conceito

Trata-se de outro tipo de matriz utilizada para a tomada de decisões, em que as letras são as iniciais de critérios a serem avaliados durante a análise dos elementos. Neste caso, os critérios são: os *Benefícios* para a organização, a *Abrangência* de pessoas beneficiadas pela solução, a *Satisfação* dos colaboradores, os *Investimentos* necessários, o impacto que o gerenciamento terá sobre o *Cliente* e a *Operacionalidade* da solução. Como na Matriz G.U.T,

deve-se atribuir para cada solução proposta uma nota de 1 a 5, conforme se observa no Quadro 20.

Quadro 20 - Critérios da matriz B.A.S.I.C.O

| Nota | Benefícios            | Abrangência                 | Satisfação interna             | Investimentos                      | Cliente                         | Operação                |
|------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 5    | De vital importância  | Total (de 70% a 100%)       | Muito grande                   | Pouquíssimo investimento           | Impacto muito grande c/ cliente | Muito fácil implementar |
| 4    | Impacto significativo | Muito grande (de 40% a 70%) | Grande                         | Algum investimento                 | Grande impacto                  | Fácil implementar       |
| 3    | Impacto razoável      | Razoável (de 20% a 40%)     | Média                          | Médio investimento                 | Bom impacto                     | Média facilidade        |
| 2    | Poucos benefícios     | Pequena (de 5% a 20%)       | Pequena                        | Alto investimento                  | Pouco impacto                   | Difícil implementar     |
| 1    | Algum benefício       | Muito pequena               | Quase não é notada a diferença | Altíssimo (requer recursos extras) | Nenhum impacto                  | Impossível implementar  |

Neste estudo, o critério *benefício* da matriz B.A.S.I.C.O. analisa os REEE sob os aspectos de periculosidade, quantidade, aspecto financeiro e de logística da Empresa. Traduz os benefícios que tal gerenciamento trará a Empresa. Quanto maior perigo ou volume gerado o REEE apresentar, maior será a nota atribuída a esse critério. Com relação à abrangência, verifica-se a extensão do dano ou a do gerenciamento na Empresa. Quanto maior for a área ou o número de pessoas abrangidas, maior será a nota. A satisfação interna relaciona-se ao bem estar que o gerenciamento ocasiona ao pessoal da Empresa. Aqui, entra a facilidade diária de descarte do REEE, a arrumação das instalações, a sensação de segurança e bem estar que o gerenciamento do resíduo proporciona aos funcionários. Quanto maior, assim também deverá ser a nota desse quesito. Se demandar pouco investimento para a implementação do gerenciamento adequado, maior nota receberá esse critério. O impacto do gerenciamento adequado também será avaliado no quesito cliente. Será levada em consideração sua satisfação e a boa imagem da Empresa quando de suas atitudes em prol do gerenciamento adequado dos REEE. Finalmente, será avaliada a operacionalização das medidas em prol do gerenciamento dos resíduos. Quanto mais fácil de implementar, maior será a nota atribuída.

A análise dos resíduos utilizou os conhecimentos do pesquisador que trabalhou em vários setores da Empresa, exercendo funções alternadas de executor e gerente, ao longo de vinte e sete anos.

### 5.3.2 Exemplo de Aplicação

A matriz B.A.S.I.C.O. é uma matriz que poderia ter sido utilizada para decidir que causa tratar primeiramente, igualmente à matriz G.U.T., de modo a solucionar o problema exemplo apresentado no item 5.2.2. No entanto, o exemplo a seguir utilizará a matriz B.A.S.I.C.O com a finalidade de escolher, dentre duas soluções possíveis para a causa D, aquela na qual seria mais apropriado aplicar os recursos da Empresa.

No Quadro 21 foram inseridas duas possibilidades de tratamento do problema que seriam efetuar novas contratações de pessoal e treinar o pessoal já existente na Empresa.

Quadro 21- Exemplo de aplicação da matriz B.A.S.I.C.O.

| Soluções           | Benefícios | Abrangência | Satisfação interna | Investimentos | Cliente | Operação | Soma |
|--------------------|------------|-------------|--------------------|---------------|---------|----------|------|
| Novas contratações | 5          | 4           | 4                  | 2             | 5       | 2        | 22   |
| Treinamento        | 5          | 4           | 4                  | 4             | 5       | 4        | 26   |

Pela análise das possibilidades segundo os critérios da matriz B.A.S.I.C.O., verifica-se que a solução mais adequada, seria investir os recursos no treinamento do pessoal, pois o custo seria menor e a operacionalização, mais fácil.

## 6 ESTUDO DE CASO

Este capítulo trata do estudo de caso realizado em uma Empresa prestadora de serviços na área de eletrônica naval, apresentada no Capítulo 4. O estudo foi iniciado em 2009, com foco nos resíduos sólidos eletroeletrônicos do Departamento de Eletrônica, onde se realizavam as atividades fim da Empresa. Durante o desenvolvimento da pesquisa, a Empresa ampliou sua carteira de serviços, passando a atuar também nas áreas de armamento e software dos sistemas operativos instalados nos navios de guerra da Marinha o Brasil. Assim, o foco inicial também foi ampliado de modo a abranger todos os REEE da Empresa.

É apresentado aqui o desenvolvimento das pesquisas de campo e documental realizadas.

### 6.1 Pesquisa de campo

#### 6.1.1 Inspeção das Instalações

De modo a conhecer os resíduos eletroeletrônicos gerados pelas atividades do Departamento de Eletrônica, local de maior concentração desses resíduos quando se iniciou o estudo, foi efetuada uma inspeção nas Seções que o compunham. Posteriormente, já com sua missão alterada, levantaram-se os principais resíduos eletroeletrônicos gerados nas demais atividades da Empresa, incluindo-os também na pesquisa. Os resíduos encontrados foram incluídos nos Quadros 9 e 10.

Observou-se, durante a etapa de inspeção das instalações, que alguns setores externos ao Departamento de Eletrônica apresentavam grande concentração de REEE. O Paiol de material com baixa de uso e o Paiol de Informática, mostrados na Figura 8, são dois deles. Esses locais são destinados à guarda temporária dos itens descartados para posterior venda como sucata ou doação. O Paiol de Material com baixa de uso apresenta uma rotatividade maior do que o de Informática no que se refere ao tempo estocado, provavelmente devido às vendas do material por licitação, não necessariamente tendo quantidade maior em estoque. Observa-se que no paiol de Informática as subunidades desativadas permanecem armazenadas por longo tempo à espera de uma destinação apropriada.



Figura 8 - Paio de material com baixa de uso e Paio de Informática

A sucata eletrônica também se acumula nas diversas seções do Departamento de Eletrônica como ilustrado na Figura 9, onde placas e módulos em bom estado aguardam, em estantes, serem utilizados como fonte de insumos para as atividades ali realizadas ou virarem rejeitos que necessitam de adequada disposição.



Figura 9 - Sucatas eletroeletrônicas nas Seções do Departamento de Eletrônica

Outros setores da Empresa, não enquadrados como executores de atividades de reparo, manutenção, instalação e desinstalação de equipamentos e sistemas eletroeletrônicos, realizam pequenos serviços internos de manutenção da própria Empresa, gerando também alguns REEE como lâmpadas e baterias.

### 6.1.2 Ações junto aos atores envolvidos

Como a contribuição proativa dos atores envolvidos na pesquisa era fundamental para o sucesso da fase de pesquisa de campo, foi ministrada uma palestra para os funcionários da Firma de Limpeza e das Seções do Departamento de Eletrônica, de forma a conscientizá-los de seu papel nas ações desejadas e sua importância.

Durante a palestra (Figura 10), discorreu-se sobre a importância da preservação do meio ambiente; os conceitos de lixo e resíduo, segundo a definição da NBR 14004/04; exemplos de impactos ambientais provocados por alguns tipos de resíduos já conhecidos; a importância da redução, reuso, reaproveitamento e reciclagem de resíduos e a necessidade de adequada disposição final. Além disso, explicou-se acerca do método a ser usado na pesquisa, da relevância do trabalho e da importância do pessoal envolvido para o sucesso dessa etapa.

Com o auxílio dos atores envolvidos foi planejada e realizada uma coleta seletiva nas Seções do Departamento de Eletrônica, conforme detalhada no item 6.1.3.



Figura 10 – Palestra sobre resíduos sólidos realizada na Empresa

### 6.1.3 Coleta Seletiva

A partir das inspeções realizadas nas instalações da Empresa, palestra e entrevistas, foram estabelecidos os procedimentos para a realização de uma coleta seletiva dos REEE nas Seções do Departamento de Eletrônica.

Verificou-se que, devido à diversidade dos resíduos gerados nos setores submetidos à coleta seletiva, seriam necessárias muitas lixeiras para que cada resíduo fosse acondicionado de modo adequado. Como se buscava ter uma visão geral de todos os resíduos gerados e não uma precisão a respeito dos mesmos planejou-se otimizar o uso das lixeiras envolvidas na coleta seletiva. Assim, os resíduos foram segregados por tipo de lixeira, sendo planejado o material de descarte segundo os subsídios fornecidos pelo pessoal dos setores e funcionários da firma de limpeza.

A coleta seletiva ocorreu durante trinta dias (3/05 a 2/06/11), fora do período de férias, nas vinte Seções. Foram recolhidos os resíduos de 14 setores da empresa (setores 1 a 14), com diferentes tipos de atividades. O tempo efetivo de segregação de resíduos, em cada setor, foi de dez dias úteis, ou de duas semanas corridas, escolhido em função do volume de serviços normalmente desenvolvido nos setores.

Os setores 1 a 11 realizam serviços de manutenção e reparo de placas de circuito impresso, módulos, equipamentos e sistemas eletrônicos na Empresa e nas instalações dos clientes. Os setores 12 e 13 efetuam instalação e desinstalação de módulos e sistemas eletrônicos. O setor 12, além desses serviços, desempenha também atividades de revisão de antenas e motores, bem como pintura de peças de metal. Finalmente, o setor 14 confecciona peças de metal e teflon. O Quadro 22 mostra os resíduos que se esperava recolher, em função das atividades descritas.

Quadro 22 - Setores do Departamento de Eletrônica e os resíduos esperados

| Setor   | Resíduos   |
|---------|--|
| 1 a 11  | Material de pequeno e médio porte (componentes eletroeletrônicos como resistores, capacitores, indutores, bobinas e transformadores, transistores e diodos de silício, semicondutores em geral, válvulas, transistores de berílio, pilhas e baterias - NiCd, NiMH, lítio-módulos eletrônicos, gabinetes com placas de circuito impresso e módulos eletrônicos, lâmpadas fluorescentes e de vapor de mercúrio, rejeitos de solda chumbo-estanho). |
| 12 a 14 | Material de médio e grande porte (submódulos e módulos de equipamentos e sistemas eletrônicos).  |

Para a identificação das lixeiras e locais de coleta, utilizaram-se cartazes e etiquetas com o nome/número da Seção e o período de segregação dos resíduos. A Figura 11 ilustra o material de apoio utilizado para a identificação do local e das lixeiras.

A implementação do procedimento de coleta seletiva envolveu a remoção de todas as lixeiras das salas, reinstalando-se apenas algumas delas para a segregação dos resíduos. A Figura 12 mostra as lixeiras já identificadas para a coleta seletiva.

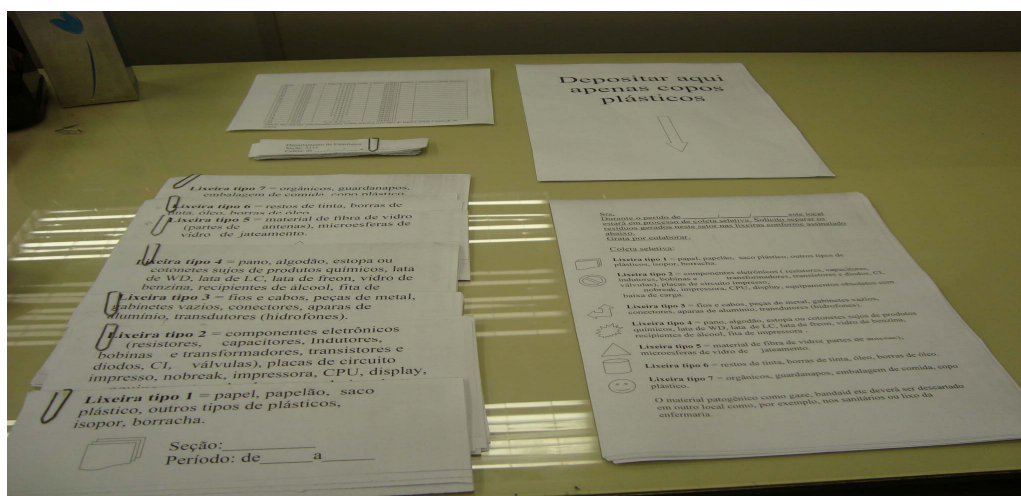


Figura 11- Material de apoio usado para a coleta seletiva



Figura 12 - Lixeiras identificadas para a coleta seletiva

Após fornecer esclarecimentos e orientações sobre a pesquisa, sobretudo aos funcionários que não tiveram a oportunidade de comparecerem à palestra, foi dado início ao processo de segregação dos resíduos sólidos das seções do Departamento de Eletrônica da Empresa.

Ao final de cada período de segregação, houve a remoção dos sacos de lixo das lixeiras, sendo esses abertos para a verificação do conteúdo antes de sua pesagem na balança de marca Filizola, modelo PL180 (Figura 13).



Figura 13 - Balança para pesagem dos REEE da coleta seletiva

#### 6.1.4 Determinação dos Pesos dos Resíduos na Coleta Seletiva

Os pesos dos resíduos coletados foram obtidos através da diferença entre o peso da uma pessoa e o peso dessa pessoa portando o saco de lixo com os resíduos (Figura 16 adiante). Primeiramente, ligou-se a balança aguardando-se dez minutos para que seus circuitos eletrônicos se estabilizassem. Em seguida, verificou-se o peso da pessoa que efetuará as pesagens dos resíduos (peso de referência). Depois, portando cada saco com diferentes resíduos, a mesma pessoa foi pesada novamente e registraram-se as diferenças. Algumas vezes, durante o processo de pesagem dos resíduos, o peso da pessoa foi novamente verificado, de modo a registrar possíveis variações de medida da balança. Assim, foram pesados todos os sacos de lixo coletados.



Figura 14 - Recolhimento e pesagem dos sacos de lixo com os REEE

Os resultados da composição gravimétrica dos resíduos coletados são apresentados e analisados no Capítulo 6 deste trabalho.

## 6.2 Pesquisa documental

### 6.2.1 Análise dos relatórios 30-16 (Relação de Material Atendido por Período)

A Empresa dispõe de um sistema de gerenciamento de dados em meio magnético (SISGER), onde é possível levantar informações ligadas aos serviços e aquisições de material da Empresa através de diversos relatórios. Um desses relatórios, Relação de Material Atendido por Período, modelo 30-16 do SISGER, disponibiliza dados sobre as requisições de material atendidas. Iniciou-se a pesquisa documental por eles, extraindo-se uma lista dos componentes eletroeletrônicos adquiridos no período referente aos anos de 2008 a 2011, visualizando-se, assim, uma possibilidade de analisar os REEE da Empresa.

Para a avaliação do potencial de geração de resíduos eletroeletrônicos na Empresa estabeleceu-se uma relação direta entre os dados relativos às requisições atendidas de CEEE, por período, com os REEE gerados, com base no pressuposto de que a requisição de um componente eletroeletrônico teve origem na necessidade de substituição de um item equivalente, porém avariado. Assim, tanto a diversidade quanto o peso dos componentes eletroeletrônicos contidos nos relatórios modelo 30-16, em um determinado período, seriam equivalentes à diversidade e ao peso dos resíduos eletroeletrônicos gerados na mesma época. Partindo desse raciocínio, os relatórios modelo 30-16 seriam adequados para se tornarem

objeto de uma pesquisa documental que proporcionasse a caracterização e classificação dos REEE da Empresa.

As consultas iniciais ao relatório 30-16 foram efetuadas quando ele ainda se encontrava no formato original em *pdf* (Figura 15).

| Relação de Material Atendido por Período (Relat. 30-16) |          |       |      |      |            |           |                 |
|---|----------|-------|------|------|------------|-----------|-----------------|
| Faixa de OS : 00-00000-00001 a 99-99999-99999           |          |       |      |      |            |           |                 |
| Período: 01/01/2010 a 31/12/2010                        |          |       |      |      |            |           |                 |
| <b>OS 19-91615-10837</b>                                |          |       |      |      |            |           |                 |
| Descrição   | Seção    | DCI   | Qtd. | Tipo | Dat. Atd.  | Dat. Req. | Valor Total     |
| RESISTOR 22 OHMS 5% 0,125W                              | 20-22-01 | 15090 | 6    |      | 8/3/2010   | 8/3/2010  | 6               |
| FUSIVEL 6,3A 250V AÇÃO RÁPIDA                           | 20-22-01 | 15085 | 2    |      | 8/3/2010   | 8/3/2010  | 2               |
| DIODO 1N 5654 AP  | 20-22-01 | 15087 | 2    |      | 8/3/2010   | 8/3/2010  | 2               |
| <b>Total por OS</b>                                     |          |       |      |      |            |           | <b>R\$10,00</b> |
| <b>OS 19-91615-12429</b>                                |          |       |      |      |            |           |                 |
| Descrição   | Seção    | DCI   | Qtd. | Tipo | Dat. Atd.  | Dat. Req. | Valor Total     |
| POTÊNCIOMETRO MULTIVOLTAS 200 OHMS 3296W                | 20-28-03 | 31015 | 1    |      | 26/5/2010  | 8/4/2010  | 2,5             |
| POTENCIOMETRO MULTIVOLTA 10 K OHMS                      | 20-28-02 | 339   | 1    |      | 27/10/2010 | 24/9/2010 | 1,9             |
| <b>Total por OS</b>                                     |          |       |      |      |            |           | <b>R\$4,40</b>  |

Figura 15 - Exemplo de página do relatório 30-16 em seu formato original

Fonte: SISGER/CMS, ano 2010

Esse formato, no entanto, dificultava a manipulação direta dos dados. Por isso, converteu-se o relatório em uma tabela no formato Excel. Após a manipulação dos dados, a tabela ficou com o aspecto visto no exemplo do Quadro 23 adiante.

As tabelas relativas aos relatórios modelo 30-16 encontram-se nos Apêndices de A a D, apresentando os pesos dos componentes, medidos ou estimados, de acordo com o item 6.2.2, a seguir. Foram omitidas nas tabelas dos Apêndices as colunas Seção, Tipo, Data de Atendimento (Dat. Atd.), Data de Requisição (Dat. Req.) e o Valor Total representando o custo total das unidades adquiridas, mostradas no Quadro 23.

Quadro 23 - Exemplo de página do relatório modelo 30-16 em seu formato do Excel

| Descrição                                      | Seção    | DCI   | Qde  | Dat. Atd.  | Dat. Req. | Valor Total | O/S            |
|--|----------|-------|------|------------|-----------|-------------|----------------|
| DIODO 1N 5654 AP                               | 20-22-01 | 15087 | 2,00 | 8/3/2010   | 8/3/2010  | 2,00        | 19-91615-10837 |
| FUSÍVEL 6,3A<br>250V AÇÃO<br>RÁPIDA            | 20-22-01 | 15085 | 2,00 | 8/3/2010   | 8/3/2010  | 2,00        | 19-91615-10837 |
| RESISTOR 22<br>OHMS 5% 0,125W                  | 20-22-01 | 15090 | 6,00 | 8/3/2010   | 8/3/2010  | 6,00        | 19-91615-10837 |
| POTENCIÔMETRO<br>MULTIVOLTA 10<br>K OHMS       | 20-28-02 | 339   | 1,00 | 27/10/2010 | 24/9/2010 | 1,90        | 19-91615-12429 |
| POTENCIÔMETRO<br>MULTIVOLTAS<br>200 OHMS 3296W | 20-28-03 | 31015 | 1,00 | 26/5/2010  | 8/4/2010  | 2,50        | 19-91615-12429 |

Fonte: SISGER/CMS, ano 2010.

As totalizações dos pesos dos resíduos potencialmente gerados para os anos de 2008 a 2011 e sua análise, estão apresentadas no Capítulo 6. Os resultados foram analisados, utilizando as ferramentas gerenciais apresentadas no Capítulo 4.

#### 6.2.2 Determinação dos Pesos dos componentes para análise dos relatórios 30-16

Para a determinação dos pesos dos componentes eletroeletrônicos e potenciais resíduos resultantes, foram pesados componentes provenientes do almoxarifado e das sucatas presentes nas Seções do Departamento de Eletrônica. A pesagem foi realizada em uma balança de marca GEHAKA, modelo BK 5000, com capacidade mínima de 0,2g, no Laboratório do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade Estadual do Rio de Janeiro ilustrada na Figura 16.



Figura 16 - Balança usada na pesagem dos CEEE

Em virtude da variedade de tipos de encapsulamento e materiais usados na composição dos componentes e resíduos eletroeletrônicos, além das diferentes denominações técnicas para um mesmo tipo de componente, selecionaram-se amostras daqueles mais relevantes dos relatórios modelo 30-16, para a pesagem.

Para verificar o peso dos circuitos integrados, selecionaram-se os de 8, 10, 14, 16, 20, 24, 40, 64 e 100 pinos, tipos TO-08, DIL, TO-05 e outros.

Com relação aos capacitores, de modo a estimar os pesos dos diversos tipos (eletrolítico, poliéster, cerâmica e outros) e valores, as amostras usadas mantinham fixo o parâmetro da capacitância, mas variavam os valores de voltagem.

Para os resistores, o parâmetro fixo foi o valor da resistência nominal, variando-se suas potências (1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W, 2W e 10W). Os diodos e transistores tiveram seus pesos verificados por tipo (TO-3, TO-05, TO-18, TO-92, TO-105/106, TO-220), atribuindo-se os pesos aos demais por equivalência de modelo. Do mesmo modo foi feito para os fusíveis (3AG, 7AG) e relés. Algumas placas tiveram seus pesos estimados por comparação com outras, não necessariamente de mesmo modelo, de modo a se estimar um peso mínimo.

Alguns materiais como lâmpadas, pilhas e baterias tiveram seus pesos comparados aos valores informados em *sites* de fabricantes ou de fornecedores para a verificação do grau de aproximação. Para os componentes da lista extraída do relatório modelo 30-16 que não puderam ser pesados, seja pela falta de logística ou pela falta de modelo/tipo disponível para a pesagem, foi adotado o mesmo procedimento.

Em relação à solda, sabe-se que muitos dos REEE ao serem removidos das placas de circuito impresso deram origem a rejeitos de solda, bem como os fios removidos de conectores, quadros de alimentação e caixas de passagem. Há inúmeros pontos de solda presentes em placas de circuito impresso e itens de sucata. Sabendo que cada ponto de solda consome aproximadamente 0,2 g de solda, supôs-se que a extração de um terminal de qualquer componente resultasse em um rejeito de chumbo-estanho de 0,2 g. levando-se em consideração que cada capacitor tem dois terminais que necessitam de solda; os circuitos integrados têm pelo menos oito terminais; os transistores têm três; os resistores têm dois, assim como os diodos, relés, varistores e tiristores, pode-se estimar a geração, em peso, dos rejeitos de solda.

#### 6.2.3 Análise das Ordens de Serviço (O/S)

O Sistema de Gerenciamento da Empresa também possibilita consultar dados sobre os serviços solicitados, os concluídos e os não executados pela Empresa, através da seção de consulta de O/S do SISGER. Por essa consulta, é possível verificar as O/S em vários estágios de andamento, com ou sem recursos, e levantar suas datas de entrada e encerramento. Através do sistema, porém, não é possível obter diretamente o número exato de Ordens de Serviço trabalhadas no ano porque, além de constar as Ordens de Serviço abertas no ano, há também as derivadas de anos anteriores, ainda em andamento. Torna-se necessário, portanto, efetuar levantamentos de datas de abertura e encerramento das O/S para que se obtenha o número correto de O/S no ano desejado. Contudo, porque não se objetivava um dado preciso e sim uma ideia relativa entre os anos do período estudado, foram consideradas apenas as quantidades das O/S abertas, concluídas, e não executadas pela Empresa. Um resumo desse levantamento para o período 2008 a 2011 pode ser visto no Quadro 24 do Capítulo 7.

#### 6.2.4 Análise dos Laudos de Vistoria, Avaliação e Destinação - LVAD

A fim de verificar se a baixa de material eletroeletrônico contribuía significativamente para o aumento da geração de REEE na Empresa, analisaram-se os Laudos de Vistoria Avaliação e Destinação (LVAD) elaborados no período de 2008 a 2011. Esses laudos resultam de tentativas infrutíferas de reparo de dispositivos ou módulos eletroeletrônicos, ou da substituição de sistemas inteiros por motivo de programas de modernização, que dão origem a um parecer técnico com a sugestão de baixa do item. A cada item corresponde um

número patrimonial sendo que, na maioria dos casos, uma placa de circuito impresso é a menor unidade para a sugestão de baixa. Devidamente embasado, o parecer é encaminhado à diretoria responsável pelo sistema, órgão de comando superior ao da Empresa. Havendo a autorização para a baixa do item, elabora-se o LVAD que segue para a diretoria que autorizou sua baixa. Após esta etapa, oficializa-se a baixa do item.

No levantamento dos itens mencionados nos laudos, não foi quantificada a sucata presente nas Seções do Departamento de Eletrônica por falta de logística necessária ao processo de avaliação do seu peso. Sabe-se, no entanto, que as quantidades são consideráveis. Os resultados referentes às quantidades de material com baixa de uso para os períodos avaliados estão apresentados na Tabela 2 do Capítulo 7.

## 7 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nas pesquisas realizadas no Estudo de Caso do Capítulo 6, suas análises e discussão.

### 7.1 Pesquisa de Campo - Resultados da Coleta Seletiva

A Tabela 1 ilustra os resultados da composição gravimétrica obtida para a coleta seletiva no Departamento de Eletrônica, conforme descrito no item 6.1.3. Pode-se verificar que a maior parcela do peso dos resíduos descartados no período foi proveniente de placas de circuito impresso.

Tabela 1 - Composição gravimétrica dos Resíduos obtidos na coleta seletiva nas Seções do Departamento de Eletrônica, período 3 a 26/05/2011

| <b>Seção</b> | <b>Tipo de resíduo</b>      | <b>Peso (kg)</b> |
|--------------|-----------------------------|------------------|
| 2161         | Comp eletroeletrônicos      | 0,05             |
| 2151         | Comp eletroeletrônicos      | 0,05             |
| 2114         | Comp eletroeletrônicos      | 0,10             |
| 2124         | Comp eletroeletrônicos      | 0,05             |
| 214          | Comp eletroeletrônicos      | 0,02             |
| 2121         | Comp eletroeletrônicos      | 0,03             |
| 2151         | Lâmpada eletrônica          | 0,10             |
| 2151         | Pilhas e baterias           | 0,01             |
| 2161         | Pilhas e baterias           | 0,01             |
| 214          | Pilhas e baterias           | 2,00             |
| 2121         | Pilhas e baterias           | 1,00             |
| 2121         | Placas de circuito impresso | 15,10            |
| <b>Total</b> |                             | <b>18,52</b>     |

Os resíduos eletroeletrônicos coletados no espaço de dez dias úteis, embora não tenham correspondido às expectativas das quantidades geradas em anos anteriores, conforme relataram os funcionários entrevistados, serviram para ilustrar o corte orçamentário dramático

sofrido pela Empresa logo no início do exercício financeiro de 2011. A redução no orçamento aplicado pelo Governo Federal a diversas organizações coincidiu com a mudança do diretor da Empresa e com o fechamento do primeiro ano após a fusão da Empresa com outras duas entidades jurídicas. Por causa dos compromissos assumidos pela Empresa, alguns em anos anteriores, os reduzidos recursos do orçamento de 2011 tiveram aplicação em serviços prioritários, tanto da Empresa quanto dos clientes, sendo estes últimos aplicados àqueles serviços com recursos indicados em adiantado. Em paralelo, foram executados e concluídos muitos serviços que demandavam pequeno ou nenhum gasto com aquisição de materiais e CEEE sobressalentes adquiridos no comércio ou nos depósitos navais. Essa estratégia reduziu os gastos com a aplicação inicial de capital próprio da Empresa, favorecendo os serviços de rotina e testes realizados nas instalações dos clientes, com pouca ou nenhuma geração de REEE.

## 7.2 Resultados obtidos nos Laudos de Vistoria, Avaliação e Destinação (LVAD)

Os LVAD permitiram avaliar a quantidade de sucata gerada no período estudado. Através dos laudos elaborados no período de 2008 a 2011, contabilizados na Tabela 2, verificou-se o registro de baixa de 1.083 itens eletrônicos. A maioria desses itens refere-se a instrumentos de teste e subunidades de sistemas eletroeletrônicos contendo módulo e placas de circuito impresso, sendo uns poucos referentes a unidades de placas de circuito impresso isoladamente. Levando-se em consideração que muitos dos eletroeletrônicos com baixa de uso possuem várias placas de circuito impresso, e que, por sua vez, cada placa possui grandes quantidades de componentes eletroeletrônicos, verifica-se, pelo exposto no item 2.3, que as sucatas geradas em decorrência das baixas de material de uso na Empresa apresentam um potencial tóxico e perigoso ao meio ambiente.

Tabela 2 - Quantidade de eletroeletrônicos com baixa de uso

| <b>Ano</b>   | <b>Quantidade de itens com baixa</b> |
|--------------|--------------------------------------|
| 2008         | 137                                  |
| 2009         | 183                                  |
| 2010         | 81                                   |
| 2011         | 682                                  |
| <b>Total</b> | <b>1.083</b>                         |

Fonte: CMS, LVAD 2008 a 2011.

### 7.3 Resultados obtidos nas Ordens de Serviço

A dinâmica das Ordens de Serviço da Empresa no período de 2008 a 2011 está apresentada no Quadro 24. Como não contemplam todos os serviços em andamento no ano, a distorção dos resultados não pode ser analisada em termos absolutos, mas apenas comparativos na discussão dos resultados apresentados neste capítulo. O fato do número de O/S abertas não ser igual ao somatório das O/S concluídas e das O/S não realizadas, deve-se a serviços iniciados, mas não concluídos no mesmo ano.

O número decrescente de ordens de serviço (O/S) concluídas e a quantidade crescente de serviços que não foram realizados entre 2008 e 2011 demonstra que em 2008 os clientes tiveram mais recursos e puderam pagar por mais serviços.

Quadro 24 - Dinâmica das Ordens de Serviço (O/S), por ano

| Ano  | O/S Abertas | O/S Concluídas | O/S não realizadas (*) |
|------|-------------|----------------|------------------------|
| 2008 | <b>2360</b> | <b>2293</b>    | <b>404</b>             |
| 2009 | <b>3323</b> | <b>2011</b>    | <b>886</b>             |
| 2010 | <b>3654</b> | <b>1865</b>    | <b>1509</b>            |
| 2011 | <b>2815</b> | <b>1699</b>    | <b>1317</b>            |

(\*) Incluídas as O/S remanescentes de outros anos.

Fonte: SISGER/CMS, consulta de O/S, anos 2008 a 2011.

### 7.4 Comparação entre resultados obtidos na coleta seletiva e na pesquisa nos relatórios modelo 30-16

De forma a comparar os resultados obtidos na pesquisa de campo e os dados dos relatórios 30-16, foi construída a Tabela 3. Os resultados apresentados foram obtidos a partir da análise dos relatórios do mesmo período da coleta realizada (03 a 26/05/2011).

Tabela 3 - Requisições de CEEE atendidas no período de 03 a 26/05/11

| <b>Especificação do material</b>          | <b>Peso Total (kg)</b> |
|---|------------------------|
| LED VERDE                                 | 0,00                   |
| CAPACITOR ELETROLITICO 220 MF 40 V RADIAL | 0,00                   |
| DIODO 1N2070                              | 0,01                   |
| TRANSISTOR BUY21=SDT12302                 | 0,02                   |
| CIRCUITO INTEGRADO SE 555                 | 0,00                   |
| TRANSISTOR TIP.31C=MJE2801                | 0,01                   |
| CONVERSOR DC/DC 24 /5V LAMBDA PXD1024WS05 | 0,00                   |
| DIODO BZX79 C5V6                          | 0,00                   |
| DIODO BZX85 C5V1=CV7100                   | 0,00                   |
| FUSIVEL 11 A 1000V DE AÇÃO RAPIDA         | 0,00                   |
| PILHA 1,5V (TAMANHO GRANDE)               | 0,27                   |
| BATERIA NIKEL 1,2 VDC 2300 MAH TIPO AA    | 0,11                   |
| BOBINA FIXA 1 MILI HENRY +/- 10%          | 0,02                   |
| CAPACITOR ELET. 47 MF 100 V               | 0,01                   |
| CIRC. INTEG. SN7410=HP1820-0068           | 0,01                   |
| CIRCUITO INTEGRADO SN 7402                | 0,00                   |
| REGULADOR DE VOLTAGEM LM 337T             | 0,00                   |
| BATERIA BST 13500 66 3,6V                 | 10,50                  |
| BATERIA DE NIQUEL 1,2 V 1200 ML           | 0,06                   |
| CIRC. INTEGRADO 26LS31 16 PINOS           | 0,00                   |
| CIRC. INTEGRADO CA 723 / MCI 723 / UA 723 | 0,01                   |
| CIRCUITO INTEGRADO CD 40106 BF            | 0,00                   |
| CIRCUITO INTEGRADO CD 4028                | 0,01                   |
| CIRCUITO INTEGRADO CD 4050                | 0,02                   |
| CIRCUITO INTEGRADO LM723CN                | 0,02                   |
| <b>PLACA MÃE GIGARSYTE GA 9456 CM</b>     | 0,41                   |
| SOQUETE BOLEADO 40 PINOS                  | 0,01                   |
| TRANSISTOR 2 N5784                        | 0,02                   |
| TRANSISTOR 2N2222A                        | 0,03                   |
| CIRC. INTEG. CN118=28890-264-40           | 0,12                   |
| CIRC. INTEG. CN128DP=28890-266-40         | 0,08                   |
| LÂMPADA FLUORESCENTE 40WATTS              | 5,75                   |
| LÂMPADA INCANDESCENTE 130 X 60            | 0,01                   |
| PILHA PALITO TIPO AAA                     | 0,04                   |
| TRANSISTOR BC337                          | 0,00                   |
| CIRC. INTEG. ZN1004E                      | 0,01                   |
| CIRCUITO INTEGRADO 4044 BFX               | 0,01                   |
| DIODO MODELO IR96 11DQ10                  | 0,00                   |
| DIODO ZENER. 1N 4747                      | 0,00                   |
| FUSÍVEL 2,5 A                             | 0,01                   |
| OPTOACOPLADOR TIL 103                     | 0,01                   |
| <b>TOTAL</b>                              | <b>17,61</b>           |

Fonte: SISGER/CMS, Relatório modelo 30-16, ano 2011.

Os dados do relatório revelaram um consumo total de 17,61kg de CEEE nas atividades da Empresa, incluindo duas placas de circuito impresso para computador. Comparando o peso total obtido nos relatórios, com o peso total dos REEE coletados na pesquisa de campo, igual a 18,52 kg (Tabela 1, anterior), verificou-se que o peso total de resíduos coletados foi cerca de 7% maior que o estimado através dos relatórios 30-16.

Como os relatórios 30-16 registram apenas os insumos às atividades da Empresa, distanciam-se de determinadas ocorrências cotidianas, o que pode justificar a diferença encontrada. Isso não invalida a hipótese assumida neste trabalho, podendo-se considerar que esta fornece uma boa estimativa para as análises apresentadas no item 7.5 a seguir, que contemplam período de tempo superior.

#### **7.5 Estimativa da Geração dos Resíduos Eletroeletrônicos através dos relatórios modelo 30-16 (2008 a 2011)**

Os relatórios modelo 30-16 demonstram grande abrangência com relação à variedade dos componentes eletroeletrônicos usados na Empresa, conforme apresentado na Tabela 3 anterior. Para esta análise os componentes foram agrupados de forma menos discretizada, conforme o Quadro 25 adiante, que mostra os grupos de resíduos eletroeletrônicos, com seus constituintes químicos, analisados neste item.

Uma vez que os capacitores do tipo eletrolítico constavam em maior quantidade e continham substâncias mais tóxicas em relação aos demais, considerou-se toda a classe de capacitores como desse tipo para fins de análise quanto à periculosidade.

A Tabela 4 adiante apresenta as quantidades de REEE gerados ao longo dos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011 de acordo com os relatórios 30-16 e, também, no período acumulado 2008-2011. Verifica-se que, embora tenha havido uma redução no descarte de resíduos a partir de 2009, a Empresa gerou uma quantidade aproximada de 3.000 kg (ou 3 ton.) de REEE, somente pela estimativa de substituição de componentes eletroeletrônicos avariados, no período de 2008 a 2011. Como pode ser observado, as lâmpadas fluorescentes e as baterias chumbo-ácido destacaram-se em quantidade descartada com relação aos demais resíduos no período.

Quadro 25 - Constituintes químicos dos CEEE/REEE mais usuais na Empresa

| CEEE/REEE                | CONSTITUIÇÃO QUÍMICA   |
|--------------------------|--|
| Bateria chumbo-ácido     | Ácido sulfúrico, chumbo, sulfato de chumbo.  |
| Bateria lítio            | Cloreto de tianil, Tetracloroaluminato de lítio, lítio metálico e um cátodo de dióxido de manganês, dimetoxietano.   |
| Bateria níquel-cádmio    | Níquel, cádmio, hidróxido de potássio.   |
| Bateria NiMH             | Níquel   |
| Capacitor                | Óxido de chumbo, óxido de alumínio, niôbio, tântalo, ácido bórico, ou borato de sódio, poliestireno, polipropileno, poliéster, policarbonato, cerâmica, resina fenólica, mica.                                       |
| Circuito integrado       | Germânio, silício, fósforo, arsênico, alumínio, Gálio, Índio, Cádmio, cobre, ferro, prata, zinco, estanho, manganês, resina epoxi, resina de bromo, antimônio, paládio, alumínio, ouro, berílio, magnésio e telúrio. |
| Diodo                    | Silício, germânio, alumínio, ouro, fósforo, prata, estanho, ferro, cobre, chumbo, cobalto, manganês, níquel, antimônio, resina epoxi, resina de bromo.   |
| Fusível                  | Estanho, chumbo, cádmio, prata ou liga. Porcelana e vidro. Areia, quartzo ou amianto para a redução de arco voltaico.  |
| Lâmpada a vapor mercúrio | Tubo de quartzo preenchido de um gás nobre (normalmente o argônio), além do mercúrio.  |
| Lâmpada fluorescente     | Fósforo e vapor de mercúrio ou argônio, PCBs dos starters, camada fosforescente constituída de diversos elementos químicos com propriedades fosforescentes, entre eles o fósforo.                                    |
| Lâmpada incandescente    | Filamento tungstênio, gás nobre (argônio), iodo, bromo, cloro.   |
| Pilha                    | Alcalina = Zinco, hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, dióxido de manganês, pó de carvão.  |
|                          | Zinco-carvão = Invólucro de zinco, mistura úmida de dióxido de manganês, carvão em pó, cloreto de amônio (tipo comum) e cloreto de zinco (modelos <i>heavy-duty</i> ).   |
| Relé                     | Cobre.   |
| Resistor                 | Manganina (84% de Cobre, 12% de Manganês, 4% de Níquel) e Constantan (60 % de Cobre, 40% de Níquel). Filme-carbono - baixa precisão. Grãos de carvão comprimidos.  |
| Solda chumbo-estanho     | Chumbo-estanho (37%Pb, 63%Sn).   |
| Tiristor                 | Silício  |
| Transistor               | Silício, germânio, gálio, cobre, ferro, níquel, manganês, estanho, antimônio- alumínio, ouro, fósforo, prata, estanho, ferro, chumbo, cobalto, resina epoxi, resina de bromo.  |
| Varistor                 | Óxido de zinco, dióxido de estanho, dióxido de titânio   |

Fonte: 1.Relatório modelo 30-16, ano 2008; e 2.ATSDR.

Tabela 4 - Quantidades de REEE geradas em kg, no período 2008-2011

| REEE                      | Quantidades geradas em kg |               |               |               |                        |
|---------------------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|
|                           | 2008                      | 2009          | 2010          | 2011          | Acumulado<br>2008-2011 |
| Lâmpada fluorescente      | 671,54                    | 329,27        | 206,78        | 394,10        | 1601,69                |
| Bateria chumbo-ácido      | 194,80                    | 204,08        | 260,60        | 357,00        | 1016,48                |
| Pilha                     | 48,77                     | 39,69         | 31,39         | 13,10         | 132,95                 |
| Bateria NiMH              | 33,47                     | 27,90         | 11,62         | 23,87         | 96,86                  |
| Bateria lítio             | 31,88                     | 0,48          | 6,70          | 0,14          | 39,21                  |
| Rejeitos de solda         | 16,78                     | 11,01         | 7,51          | 3,17          | 38,46                  |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 5,60                      | 5,00          | 8,00          | 7,76          | 26,36                  |
| Transistor                | 9,80                      | 5,83          | 2,94          | 1,96          | 20,52                  |
| Circuito integrado        | 5,16                      | 3,43          | 2,31          | 1,07          | 11,97                  |
| Capacitor                 | 4,31                      | 3,55          | 1,68          | 0,41          | 9,96                   |
| Lâmpada incandescente     | 2,57                      | 2,52          | 0,20          | 0,46          | 5,75                   |
| Bateria NiCd              | 1,27                      | 2,58          | 0,03          | 0,34          | 4,23                   |
| Diodo                     | 0,81                      | 0,39          | 2,91          | 0,04          | 4,15                   |
| Fusível                   | 2,08                      | 0,52          | 0,45          | 0,27          | 3,32                   |
| Resistor                  | 1,13                      | 1,11          | 0,48          | 0,25          | 2,98                   |
| Rele                      | 0,19                      | 0,20          | 0,08          | 0,00          | 0,47                   |
| Tiristor                  | 0,17                      | 0,10          | 0,02          | 0,01          | 0,29                   |
| Varistor                  | 0,03                      | 0,04          | 0,02          | 0,00          | 0,09                   |
| <b>TOTAL</b>              | <b>1.030,35</b>           | <b>637,71</b> | <b>543,73</b> | <b>803,95</b> | <b>3.015,73</b>        |

Fonte: SISGER/CMS, Relatório modelo 30-16, anos 2008-2011.

A Figura 17 mostra a proporção entre os cinco REEE mais descartados no período entre 2008 e 2011.

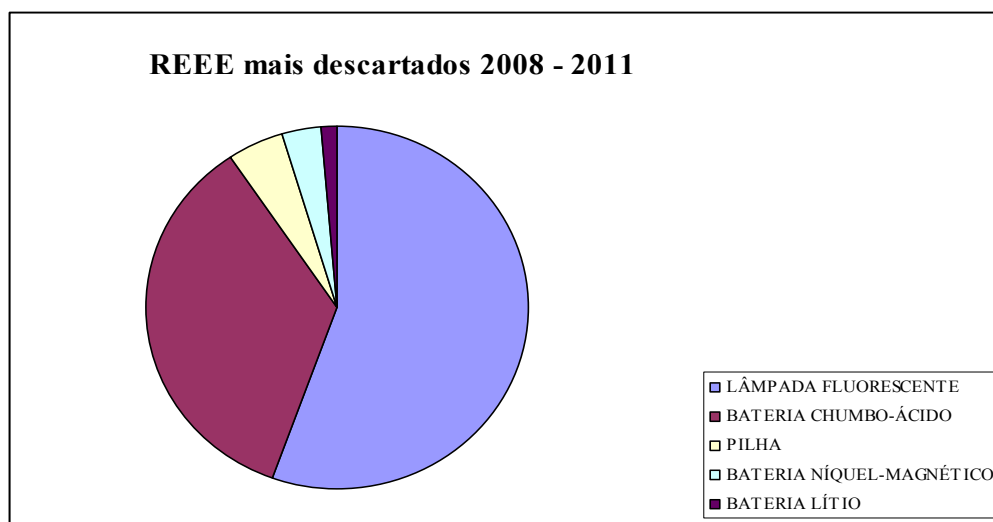


Figura 17 - REEE mais descartados no período 2008-2011

Fonte: SISGER/CMS, 2008 -2011

Na Tabela 5 verificam-se os quantitativos dos REEE resultantes apenas dos serviços de reparo prestados aos clientes. Pode ser observada a tendência de decréscimo ao longo dos anos, acentuando-se no ano 2011.

Tabela 5 - Geração em kg de REEE derivados de reparo, período 2008-2011

| REEE derivados de reparos | Quantidades geradas em kg, no período |              |              |             | Acumulado 2008-2011 |
|---------------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|-------------|---------------------|
|                           | 2008                                  | 2009         | 2010         | 2011        |                     |
| Rejeitos de solda         | 16,78                                 | 11,01        | 7,51         | 3,17        | 38,46               |
| Transistor                | 9,80                                  | 5,83         | 2,94         | 1,96        | 20,52               |
| Circuito integrado        | 5,16                                  | 3,43         | 2,31         | 1,07        | 11,97               |
| Capacitor                 | 4,31                                  | 3,55         | 1,68         | 0,41        | 9,96                |
| Diodo                     | 0,81                                  | 0,39         | 2,91         | 0,04        | 4,15                |
| Fusível                   | 2,08                                  | 0,52         | 0,45         | 0,27        | 3,32                |
| Resistor                  | 1,13                                  | 1,11         | 0,48         | 0,25        | 2,98                |
| Rele                      | 0,19                                  | 0,20         | 0,08         | 0,00        | 0,47                |
| Tiristor                  | 0,17                                  | 0,10         | 0,02         | 0,01        | 0,29                |
| Varistor                  | 0,03                                  | 0,04         | 0,02         | 0,00        | 0,09                |
| <b>TOTAL</b>              | <b>40,4370</b>                        | <b>26,18</b> | <b>18,41</b> | <b>7,18</b> | <b>92,21</b>        |

Fonte: SISGER/CMS, Relatório modelo 30-16, anos 2008-2011.

A Figura 18 mostra a contribuição percentual de cada ano em relação ao total de resíduos eletroeletrônicos gerados no período.

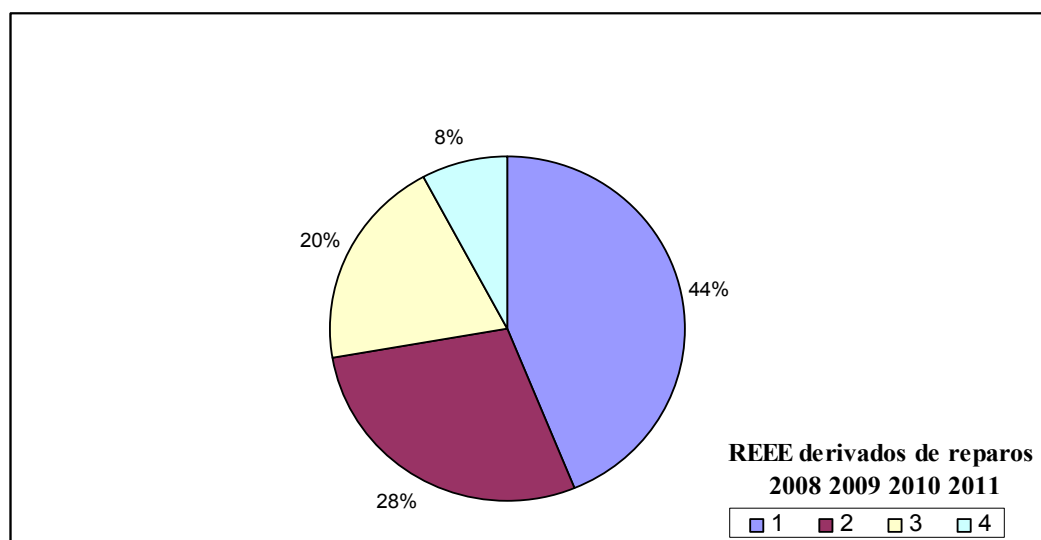


Figura 18 - Proporção dos REEE derivados de reparos, período 2008-2011

Fonte: SISGER/CMS, 2008 -2011

### 7.5.1 Ano 2008

Com relação ao ano 2008, observou-se que o peso estimado para os REEE gerados atingiu a quantidade de **1.030,35 kg**. Supondo que 10% dos CEEE constante no relatório 30-16 tivessem sido alocados para uso futuro no almoxarifado ou nos próprios setores que os solicitaram, ainda assim teriam sido gerados por volta de 913,06 kg de REEE em 2008, somente pela troca de componentes danificados por outros em bom estado.

Verifica-se que em 2008, as seis maiores gerações de REEE ocorreram com as lâmpadas fluorescentes, baterias chumbo-ácido, pilhas, baterias níquel-metal hidreto (NiMH), baterias de lítio e rejeitos de solda, conforme se pode visualizar melhor na Figura 19.

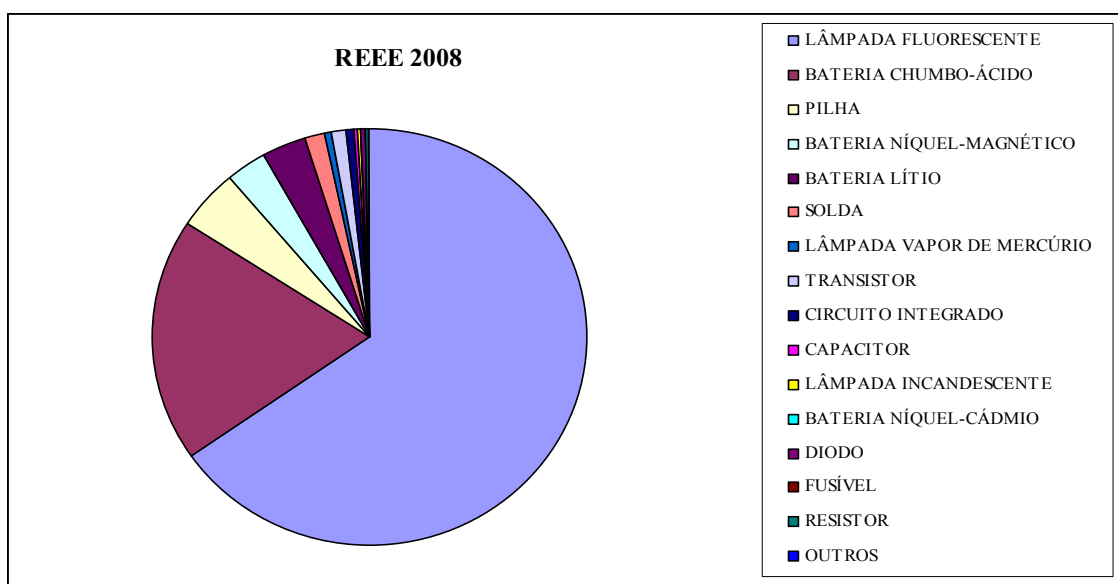


Figura 19 - Visualização gráfica dos REEE em 2008  
Fonte: SISGER/CMS, 2008

### 7.5.2 Ano 2009

Para o ano de 2009, a geração de REEE (**637,71 kg**) foi bem menor do que em 2008 (**1.030,35 kg**). Esta situação se confirma pelos dados do Quadro 24 que mostra um resultado de 2.011 ordens de serviço concluídas em contrapartida a 2.293 O/S de 2008. Além disso, 886 O/S não foram executadas, totalizando uma diferença de 482 O/S para menos em 2009.

Mesmo com uma redução de descarte de aproximadamente 50% em relação ao ano anterior, as lâmpadas fluorescentes continuaram sendo, juntamente com as baterias chumbo-

ácido, os REEE gerados em maior quantidade na Empresa como mostrado graficamente na Figura 20.

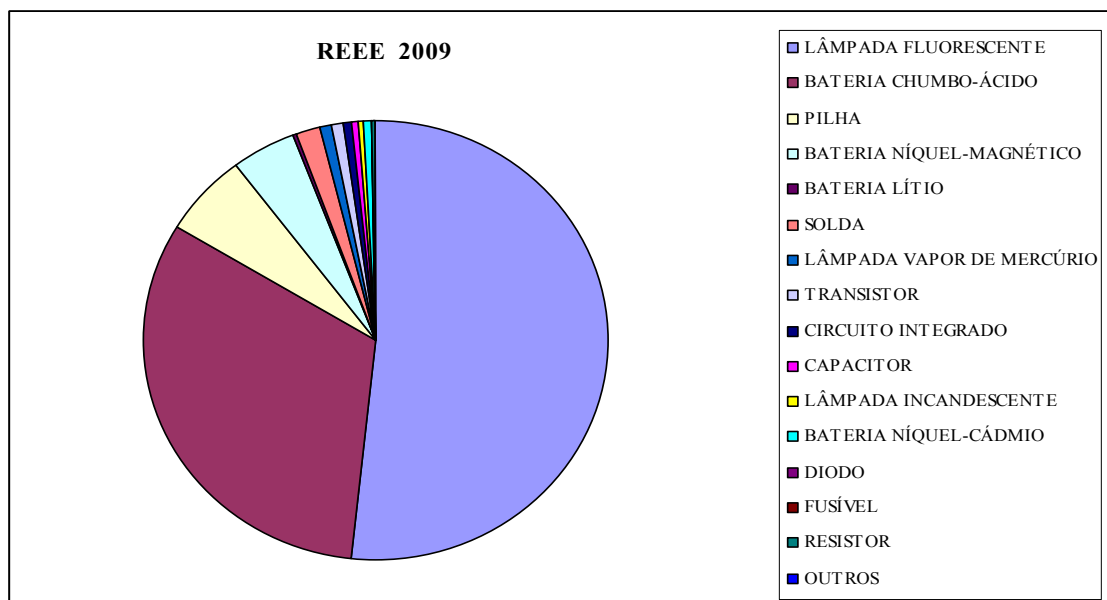


Figura 20 – Visualização gráfica dos REEE em 2009  
Fonte: SISGER/CMS, 2009

A variação do descarte das lâmpadas fluorescentes do ano anterior pode ser vista no gráfico da Figura 21.

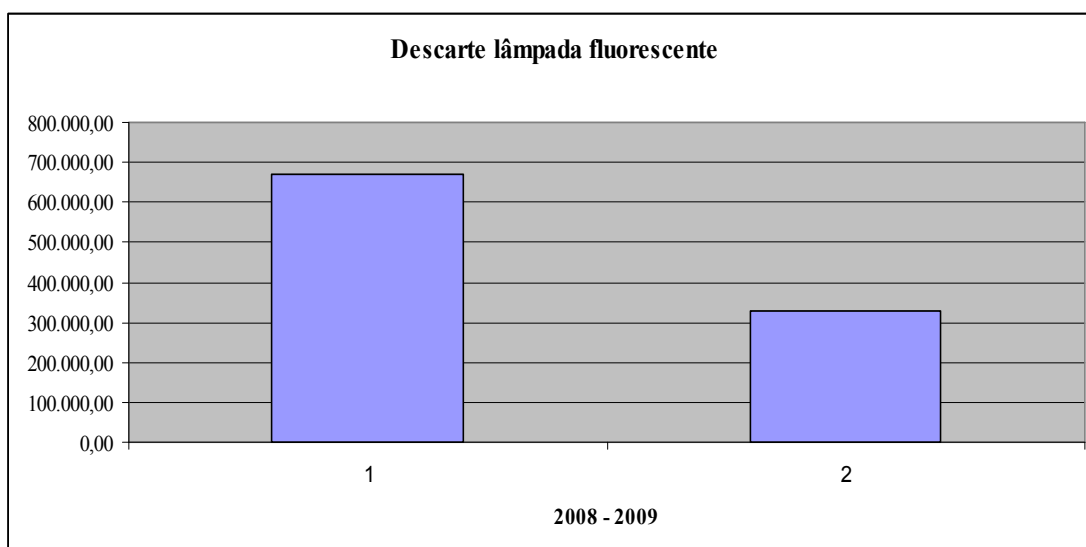


Figura 21 - Descarte de lâmpadas fluorescentes, período 2008-2009  
Fonte: SISGER/CMS, 2008-2009.

### 7.5.3 Ano 2010

Em 2010, os REEE da amostra atingiram a quantidade de **543,73 kg**. Esse resultado foi um pouco menor do que o apresentado em 2009 e equivalente à metade do mostrado em 2008. Pelo Quadro 24, dinâmica das ordens de serviço por ano, verifica-se que as O/S concluídas em 2010 reduziram-se para 1.865, com serviços não realizados na faixa de 1.509 O/S. Verifica-se que, embora a procura pelos serviços por parte dos clientes esteja aumentando desde 2008, a Empresa apresenta uma perda na sua capacidade em atendê-los.

Ressalta-se que, à exceção dos diodos, todos os componentes eletroeletrônicos normalmente usados nos serviços dos clientes tiveram um decréscimo, como se observa pelos resíduos correspondentes gerados. Lembrando que a Empresa se uniu a outras duas em 2010, este resultado reduzido em relação aos reparos de equipamentos e sistemas eletroeletrônicos poderia ser atribuído aos investimentos efetuados nessas duas outras Entidades logo após a fusão. Outra explicação seria a desaceleração temporária dos serviços realizados na Empresa devido à readaptação do corpo técnico.

Em 2010, seguindo a tendência dos anos anteriores, as baterias chumbo-ácido e as lâmpadas fluorescentes continuaram sendo os resíduos com maior descarte, conforme visualizado na Figura 22 adiante. As baterias do tipo chumbo-ácido apresentaram uma evolução no seu descarte de 204,08 kg para 260,60 kg, resultado que se atribui à incorporação da frota de veículos de uma das Entidades que se fundiu à Empresa.

Note-se também que outro item ligado à manutenção da Empresa - lâmpadas a vapor de mercúrio- aumentou em quantidade e peso, variando de 5,00kg para 8,00kg. O aumento do descarte das lâmpadas a vapor de mercúrio também pode ser resultado da expansão da área ocupada pela Empresa após a fusão com as outras Entidades.

Em 2010, as baterias de lítio que haviam apresentado uma redução drástica de 2008 para 2009 (de 31,88 kg para 0,48kg), voltaram a aumentar em descarte, atingindo o peso de 6,70 kg. As baterias de níquel-cádmio apresentaram uma redução bastante significativa, de 2,58 kg para 0,03kg, demonstrando que a Empresa havia iniciado o processo de sua substituição pelas de lítio e níquel-metal hidreto.

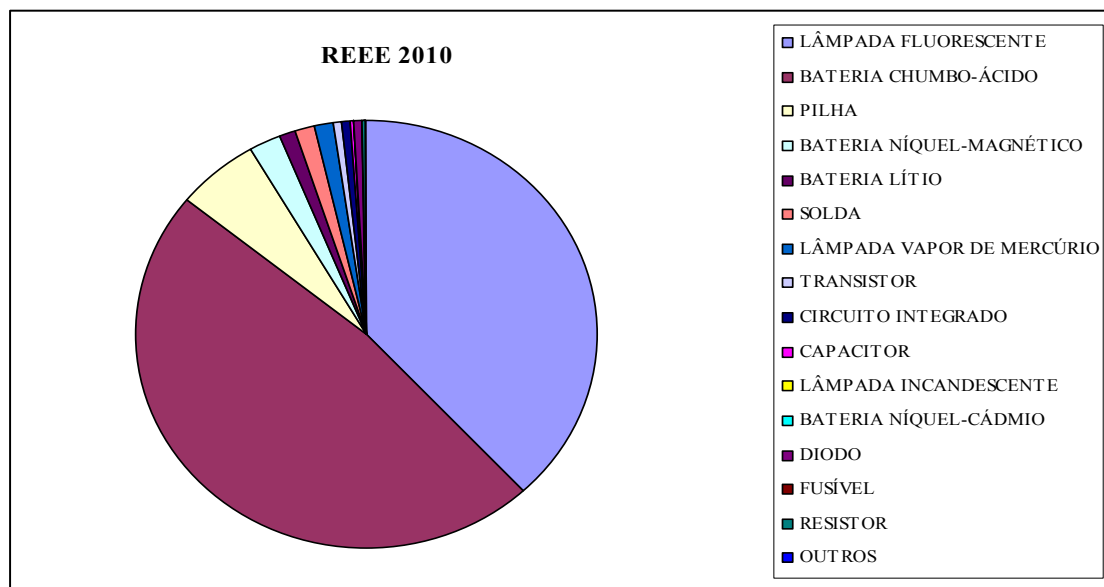


Figura 22 - Visualização gráfica dos REEE em 2010  
Fonte: SISGER/CMS, 2010

#### 7.5.4 Ano 2011

No ano de 2011, o potencial de geração de REEE foi de **803,95 kg**, superior ao ano de 2010. Novamente, as lâmpadas fluorescentes e as baterias chumbo-ácido continuaram sendo os resíduos com maior descarte (Figura 23 adiante), verificando-se um aumento na geração de ambos os resíduos em 2011 como ocorrência natural da expansão das instalações da Empresa.

Um aumento esperado foi no descarte de resíduos do tipo bateria níquel-metal hidreto que têm sido usadas em substituição às de níquel-cádmio.

Embora a Empresa tenha apresentado em 2011 uma quantidade de REEE maior do que nos anos 2009 e 2010, verifica-se que eles derivaram da manutenção da própria Empresa e não dos reparos efetuados no Departamento de Eletrônica. Interessante notar que todos os componentes normalmente usados nos serviços de reparo e manutenção de eletroeletrônicos, prestados aos clientes da Empresa, tiveram um decréscimo significativo nos seus resíduos em 2011.

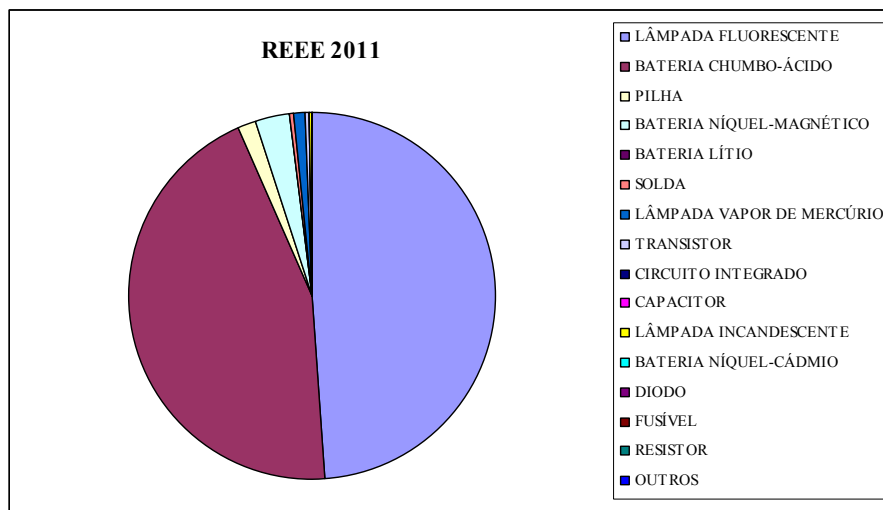


Figura 23 - Visualização gráfica dos REEE em 2011  
Fonte: SISGER/CMS, 2011

## 7.6 Aplicação das técnicas de gestão aos resultados dos relatórios 30-16

Além da técnica de Pareto, principal ferramenta desta análise, foram também usadas as matrizes G.U.T. e B.A.S.I.C.O. para analisar os REEE, de modo a selecionar os mais impactantes do ponto de vista ambiental e os mais propícios a um gerenciamento de resíduos sob o ponto de vista da Empresa.

### 7.6.1 Aplicação da Técnica de Pareto aos resultados de 2008 a 2011

Para a aplicação da técnica de Pareto, o aspecto qualitativo é introduzido pela utilização de fatores de multiplicação para os componentes, em função da periculosidade de sua composição química.

Utilizando-se os parâmetros de periculosidade estabelecidos pela *ATSDR* (1 a 50000 em ordem decrescente de periculosidade) foram estabelecidas as graduações de acordo com o Quadro 26 adiante, lembrando que a graduação *ATSDR* igual a 1 equivale ao maior nível de periculosidade. Uma primeira tentativa foi feita com os valores mostrados na segunda coluna do Quadro 26, mas devido à grande diferença de ordem de grandeza entre as graduações não se obteve sucesso na análise. Em uma segunda tentativa utilizou-se o logaritmo dos valores da primeira tentativa, que estão apresentados na terceira coluna do Quadro 26 e foram adotados para a análise de todos os anos avaliados. O Quadro 27 mostra a graduação atribuída à

amostra proposta dos componentes e resíduos eletroeletrônicos, apresentada no Quadro 25, utilizada para análise pela técnica de Pareto.

Quadro 26 - Correlação da graduação de periculosidade para aplicação de Pareto

| <b>Graduação Periculosidade ATSDR</b> | <b>Graduação para Pareto - 1ª tentativa</b> | <b>Graduação para Pareto - 2ª tentativa (valor adotado)</b> |
|---------------------------------------|---|---|
| 1                                     | 50000                                       | Log 50000=4,70  |
| 10                                    | 5000  | Log 5000=3,70   |
| 100                                   | 1000  | Log 1000=3,00   |
| 1000                                  | 100   | Log 100=2,00  |
| 5000                                  | 10  | Log 10=1,00   |
| 50000                                 | 1   | Log 1=0   |

Quadro 27 - CEEE/REEE com suas graduações para a análise por Pareto

| <b>AMOSTRA DE CEEE/REEE</b> | <b>GRADUAÇÃO</b> |
|-----------------------------|------------------|
| Bateria chumbo ácido        | 3,70             |
| Bateria lítio               | 2,00             |
| Bateria NiCd                | 3,70             |
| Bateria NiMH                | 3,00             |
| Capacitor                   | 2,00             |
| Circuito integrado          | 2,00             |
| Diodo                       | 2,00             |
| Fusível                     | 3,70             |
| Lâmpada a vapor mercúrio    | 4,70             |
| Lâmpada fluorescente        | 4,70             |
| Lâmpada incandescente       | 2,00             |
| Pilha                       | 2,00             |
| Relé                        | 1,00             |
| Resistor                    | 1,00             |
| Rejeitos de solda PbSn      | 2,00             |
| Para Tiristor               | 0,00             |
| Transistor                  | 2,00             |
| Varistor                    | 3,70             |

As Tabelas 6 a 10 adiante mostram a aplicação da técnica de Pareto, respectivamente, aos resultados obtidos para os anos de 2008 a 2011 e para o acumulado no período 2008 a 2011. Observa-se que o ordenamento das tabelas, por si só, já fornece uma hierarquia para o gerenciamento dos REEE, através dos parâmetros peso e graduação de periculosidade.

Para o ano de 2008, observou-se pela Tabela 6 serem as lâmpadas fluorescentes e, em parte, as baterias chumbo-ácido os resíduos gerados na Empresa com maior potencial de impacto ambiental, seguidos dos demais REEE.

Na Tabela 7 adiante, pode-se observar que, também em 2009, as lâmpadas fluorescentes e, em parte, as baterias tipo chumbo-ácido foram os resíduos mais significativos.

Tabela 6 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2008

| REEE                   | Peso (kg)<br>2008 | Graduação | Produto  | %Total | %Acumulado |
|------------------------|-------------------|-----------|----------|--------|------------|
| Lâmpada fluorescente   | 671,54            | 4,70      | 3.156,25 | 74,13  | 74,13      |
| Bateria chumbo-ácido   | 194,80            | 3,70      | 720,76   | 16,93  | 91,06      |
| Bateria NiMH           | 33,47             | 3,00      | 100,42   | 2,36   | 93,42      |
| Pilha                  | 48,77             | 2,00      | 97,54    | 2,29   | 95,71      |
| Bateria lítio          | 31,88             | 2,00      | 63,77    | 1,50   | 97,21      |
| Rejeitos de solda      | 16,78             | 2,00      | 33,55    | 0,79   | 97,99      |
| Lâmpada vapor mercúrio | 5,60              | 4,70      | 26,32    | 0,62   | 98,61      |
| Transistor             | 9,80              | 2,00      | 19,59    | 0,46   | 99,07      |
| Circuito integrado     | 5,16              | 2,00      | 10,31    | 0,24   | 99,31      |
| Capacitor              | 4,31              | 2,00      | 8,62     | 0,20   | 99,52      |
| Fusível                | 2,08              | 3,70      | 7,71     | 0,18   | 99,70      |
| Lâmpada incandescente  | 2,57              | 2,00      | 5,14     | 0,12   | 99,82      |
| Bateria NiCd           | 1,27              | 3,70      | 4,71     | 0,11   | 99,93      |
| Diodo                  | 0,81              | 2,00      | 1,61     | 0,04   | 99,97      |
| Relé                   | 0,19              | 1,00      | 0,19     | 0,00   | 99,97      |
| Resistor               | 1,13              | 1,00      | 1,13     | 0,03   | 100,00     |
| Varistor               | 0,03              | 3,70      | 0,10     | 0,00   | 100,00     |
| Tiristor               | 0,17              | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 100,00     |
| Total                  |                   |           | 4.257,72 |        |            |

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2008; ATSDR, 2011.

Na aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2010, mostrada na Tabela 8 adiante, observa-se que, a exemplo dos anos anteriores, as lâmpadas fluorescentes e as baterias chumbo-ácido são apresentadas com os maiores potenciais impactantes ao meio ambiente. No entanto, as pilhas apareceram como o terceiro resíduo em maior quantidade de descarte, no lugar das baterias de níquel- metal hidreto dos anos anteriores.

Tabela 7 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2009

| REEE                      | Peso (kg)<br>2009 | Graduação | Produto  | %Total | %Acumulado |
|---------------------------|-------------------|-----------|----------|--------|------------|
| Lâmpada fluorescente      | 329,27            | 4,70      | 1.547,57 | 60,54  | 60,54      |
| Bateria chumbo ácido      | 204,08            | 3,70      | 755,10   | 29,54  | 90,07      |
| Bateria NiMH              | 27,90             | 3,00      | 83,70    | 3,27   | 93,35      |
| Pilha                     | 39,69             | 2,00      | 79,39    | 3,11   | 96,45      |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 5,00              | 4,70      | 23,50    | 0,92   | 97,37      |
| Rejeitos de solda         | 11,05             | 2,00      | 22,09    | 0,86   | 98,23      |
| Transistor                | 5,73              | 2,00      | 11,45    | 0,45   | 98,68      |
| Bateria NiCd              | 2,58              | 3,70      | 9,56     | 0,37   | 99,06      |
| Capacitor                 | 3,55              | 2,00      | 7,11     | 0,28   | 99,33      |
| Circuito integrado        | 3,43              | 2,00      | 6,87     | 0,27   | 99,60      |
| Lâmpada incandescente     | 2,52              | 2,00      | 5,03     | 0,20   | 99,80      |
| Fusível                   | 0,52              | 3,70      | 1,91     | 0,07   | 99,87      |
| Resistor                  | 1,11              | 1,00      | 1,11     | 0,04   | 99,92      |
| Bateria lítio             | 0,48              | 2,00      | 0,97     | 0,04   | 99,96      |
| Diodo                     | 0,39              | 2,00      | 0,78     | 0,03   | 99,99      |
| Relé                      | 0,20              | 1,00      | 0,20     | 0,01   | 99,99      |
| Varistor                  | 0,04              | 3,70      | 0,14     | 0,01   | 100,00     |
| Tiristor                  | 0,10              | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 100,00     |
| Total                     |                   |           | 2.556,47 |        |            |

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2009; ATSDR, 2011.

Tabela 8 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2010

| REEE                      | Peso (kg)<br>2010 | Graduação | Produto  | %Total | %Acumulado |
|---------------------------|-------------------|-----------|----------|--------|------------|
| Lâmpada fluorescente      | 206,78            | 4,70      | 971,84   | 45,79  | 45,79      |
| Bateria chumbo ácido      | 260,60            | 3,70      | 964,22   | 45,43  | 91,23      |
| Pilha                     | 31,39             | 2,00      | 62,79    | 2,96   | 94,19      |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 8,00              | 4,70      | 37,60    | 1,77   | 95,96      |
| Bateria NiMH              | 11,62             | 3,00      | 34,85    | 1,64   | 97,60      |
| Rejeitos de solda         | 7,51              | 2,00      | 15,02    | 0,71   | 98,31      |
| Bateria lítio             | 6,70              | 2,00      | 13,41    | 0,63   | 98,94      |
| Transistor                | 2,94              | 2,00      | 5,87     | 0,28   | 99,22      |
| Diodo                     | 2,91              | 2,00      | 5,82     | 0,27   | 99,49      |
| Circuito integrado        | 2,31              | 2,00      | 4,62     | 0,22   | 99,71      |
| Capacitor                 | 1,68              | 2,00      | 3,37     | 0,16   | 99,87      |
| Fusível                   | 0,45              | 3,70      | 1,68     | 0,08   | 99,95      |
| Resistor                  | 0,48              | 1,00      | 0,48     | 0,02   | 99,97      |
| Lâmpada incandescente     | 0,20              | 2,00      | 0,40     | 0,02   | 99,99      |
| Bateria NiCd              | 0,03              | 3,70      | 0,10     | 0,00   | 99,99      |
| Relé                      | 0,08              | 1,00      | 0,08     | 0,00   | 100,00     |
| Varistor                  | 0,02              | 3,70      | 0,08     | 0,00   | 100,00     |
| Tiristor                  | 0,02              | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 100,00     |
| Total                     |                   |           | 2.122,24 |        |            |

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2010; ATSDR, 2011.

A Tabela 9, referente ao ano 2011, mostra, como nos anos anteriores, que as lâmpadas fluorescentes e, em parte, as baterias chumbo-ácido foram os resíduos responsáveis pelo maior impacto ambiental na Empresa.

Tabela 9 - Aplicação da técnica de Pareto aos REEE de 2011

| REEE                      | Peso (kg)<br>2011 | Graduação | Produto  | %Total | %Acumulado |
|---------------------------|-------------------|-----------|----------|--------|------------|
| Lâmpada fluorescente      | 394,10            | 4,70      | 1.852,27 | 55,72  | 55,72      |
| Bateria chumbo-ácido      | 357,00            | 3,70      | 1.320,90 | 39,73  | 95,45      |
| Bateria NiMH              | 23,87             | 3,00      | 71,60    | 2,15   | 97,60      |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 7,76              | 4,70      | 36,47    | 1,10   | 98,70      |
| Pilha                     | 13,10             | 2,00      | 26,20    | 0,79   | 99,49      |
| Rejeitos de solda         | 3,17              | 2,00      | 6,34     | 0,19   | 99,68      |
| Transistor                | 1,96              | 2,00      | 3,92     | 0,12   | 99,80      |
| Circuito integrado        | 1,07              | 2,00      | 2,14     | 0,06   | 99,86      |
| Bateria NiCd              | 0,34              | 3,70      | 1,27     | 0,04   | 99,90      |
| Fusível                   | 0,27              | 3,70      | 1,00     | 0,03   | 99,93      |
| Lâmpada incandescente     | 0,46              | 2,00      | 0,92     | 0,03   | 99,96      |
| Capacitor                 | 0,41              | 2,00      | 0,82     | 0,02   | 99,98      |
| Bateria lítio             | 0,14              | 2,00      | 0,28     | 0,01   | 99,99      |
| Resistor                  | 0,25              | 1,00      | 0,25     | 0,01   | 100,00     |
| Diodo                     | 0,04              | 2,00      | 0,09     | 0,00   | 100,00     |
| Tiristor                  | 0,01              | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 100,00     |
| Varistor                  | 0,00              | 3,70      | 0,00     | 0,00   | 100,00     |
| Relé                      | 0,00              | 1,00      | 0,00     | 0,00   | 100,00     |
| Total                     |                   |           | 3.324,46 |        |            |

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2011; ATSDR, 2011.

Aplicando-se a técnica de Pareto aos REEE acumulados no período de 2008 a 2011, obtiveram-se os resultados mostrados na Tabela 10 adiante. Na presente situação, a técnica de Pareto está sendo aplicada à soma dos resíduos ao longo do período de 2008 a 2011. Como se pode observar, as pilhas substituíram as baterias de níquel-metal hidreto em precedência no que se refere à necessidade de gerenciamento.

Tabela 10- Aplicação da técnica de Pareto aos REEE acumulados no período 2008-2011

| REEE                      | Peso(kg)<br>2008-2011 | Graduação | Produto   | %Total | %Acumulado |
|---------------------------|-----------------------|-----------|-----------|--------|------------|
| Lâmpada fluorescente      | 1.601,69              | 4,70      | 7.527,93  | 61,40  | 61,40      |
| Bateria chumbo-ácido      | 1.016,48              | 3,70      | 3.760,98  | 30,68  | 92,07      |
| Pilha                     | 132,95                | 2,00      | 265,91    | 2,17   | 94,24      |
| Bateria NiMH              | 96,86                 | 3,00      | 290,58    | 2,37   | 96,61      |
| Bateria lítio             | 39,21                 | 2,00      | 78,42     | 0,64   | 97,25      |
| Rejeitos de solda         | 38,46                 | 2,00      | 76,93     | 0,63   | 97,88      |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 26,36                 | 4,70      | 123,89    | 1,01   | 98,89      |
| Transistor                | 20,52                 | 2,00      | 41,04     | 0,33   | 99,22      |
| Circuito integrado        | 11,97                 | 2,00      | 23,94     | 0,20   | 99,42      |
| Capacitor                 | 9,96                  | 2,00      | 19,91     | 0,16   | 99,58      |
| Lâmpada incandescente     | 5,75                  | 2,00      | 11,50     | 0,09   | 99,68      |
| Bateria NiCd              | 4,23                  | 3,70      | 15,64     | 0,13   | 99,80      |
| Diodo                     | 4,15                  | 2,00      | 8,30      | 0,07   | 99,87      |
| Fusível                   | 3,32                  | 3,70      | 12,30     | 0,10   | 99,97      |
| Resistor                  | 2,98                  | 1,00      | 2,98      | 0,02   | 100,00     |
| Relé                      | 0,47                  | 1,00      | 0,47      | 0,00   | 100,00     |
| Tiristor                  | 0,29                  | 0,00      | 0,00      | 0,00   | 100,00     |
| Varistor                  | 0,09                  | 0,00      | 0,00      | 0,00   | 100,00     |
| Total                     |                       |           | 12.260,70 |        |            |

Fontes: SISGER, Relatório modelo 30-16, 2008-2011; ATSDR, 2011.

#### 7.6.2 Aplicação das Matrizes G.U.T. e B.A.S.I.C.O. aos resultados de 2008 a 2011

A Tabela 11 mostra a análise dos REEE da amostra de 2008 pela matriz G.U.T. . Observa-se que os REEE lâmpadas fluorescentes, baterias à base de chumbo e lâmpadas a vapor de mercúrio apresentaram um potencial de impacto ambiental considerável quanto à gravidade dos seus constituintes, especialmente o mercúrio e o chumbo, atribuindo-se nota máxima ao critério gravidade. As lâmpadas fluorescentes receberam nota máxima em todos os critérios em função da quantidade descartada, periculosidade e tendência de impactar ainda mais o meio ambiente, caso não haja um gerenciamento adequado para sua destinação. Considerou-se que elas e as lâmpadas a vapor de mercúrio substituiriam as lâmpadas do tipo incandescente nos anos subsequentes. As baterias do tipo chumbo-ácido receberam nota 4 em urgência por causa da toxicidade do cádmio que demanda ações tempestivas para seu gerenciamento. A tendência ao aumento do impacto ambiental é bastante significativa, pois se espera um aumento desse tipo de descarte enquanto a Empresa for substituindo estas baterias por outras menos agressivas ao meio ambiente.

Tabela 11 - Aplicação da matriz G.U.T na análise dos REEE, 2008

| REEE                   | Gravidade | Urgência | Tendência | Soma 2008 |
|------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Lâmpada fluorescente   | 5         | 5        | 5         | 15        |
| Bateria chumbo-ácido   | 5         | 4        | 4         | 13        |
| Lâmpada vapor mercúrio | 5         | 4        | 3         | 12        |
| Bateria NiCd           | 4         | 4        | 3         | 11        |
| Rejeito de Solda       | 4         | 3        | 3         | 10        |
| Bateria lítio          | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Pilha                  | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Circuito integrado     | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Diodo                  | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Transistor             | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Bateria NiMH           | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Tiristor               | 3         | 2        | 2         | 7         |
| Capacitor              | 3         | 2        | 2         | 7         |
| Lâmpada incandescente  | 2         | 2        | 2         | 6         |
| Fusível                | 2         | 2        | 2         | 6         |
| Varistor               | 3         | 1        | 1         | 5         |
| Resistor               | 2         | 1        | 1         | 4         |
| Relé                   | 1         | 1        | 1         | 3         |

De modo a analisar os REEE quanto à disponibilidade da Empresa em gerenciá-los, utilizou-se a matriz B.A.S.I.C.O., observando seus resultados na Tabela 12 adiante. Os benefícios advindos do gerenciamento dos resíduos derivados de lâmpadas fluorescentes, baterias chumbo-ácido e lâmpadas a vapor de mercúrio teriam sido bem positivos do ponto de vista ambiental, segundo os critérios dessa matriz, caso a Empresa os tivesse iniciado no ano 2008. Esses resíduos, de modo geral, apresentam grande abrangência, estando presentes em muitos setores da Empresa. O investimento para seu gerenciamento é mediano necessitando de coleta seletiva e local específico para armazenamento. Por se tratarem de resíduos frágeis, com possibilidade de quebra e espalhamento da substância tóxica, as lâmpadas tiveram uma nota 2 para a operacionalização de seu gerenciamento. Em 2008, os clientes não se apercebiam das ações da Empresa em relação ao meio ambiente. No entanto, foi considerado que ficariam satisfeitos ao saberem dos esforços realizados por ela no sentido da precaução do dano, sobretudo em relação aos REEE mais perigosos.

Tabela 12- Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE de 2008

| <b>REEE</b>               | <b>Benefício</b> | <b>Abrang.</b> | <b>Satisfação interna</b> | <b>Invest.</b> | <b>Cliente</b> | <b>Operação</b> | <b>Soma 2008</b> |
|---------------------------|------------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Lâmpada fluorescente      | 5                | 5              | 5                         | 3              | 3              | 2               | 23               |
| Bateria chumbo- ácido     | 4                | 4              | 5                         | 3              | 3              | 3               | 22               |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 4                | 4              | 4                         | 3              | 3              | 2               | 20               |
| Bateria NiCd              | 4                | 3              | 3                         | 3              | 3              | 3               | 19               |
| Pilha                     | 3                | 4              | 3                         | 3              | 3              | 3               | 19               |
| Lâmpada incandescente     | 3                | 4              | 3                         | 4              | 2              | 3               | 19               |
| Bateria lítio             | 3                | 4              | 4                         | 3              | 2              | 3               | 19               |
| Resistor                  | 2                | 4              | 2                         | 4              | 2              | 5               | 19               |
| Bateria NiMH              | 3                | 4              | 3                         | 3              | 2              | 3               | 18               |
| Diodo                     | 3                | 3              | 3                         | 4              | 2              | 3               | 18               |
| Circuito integrado        | 3                | 3              | 3                         | 4              | 2              | 3               | 18               |
| Transistor                | 3                | 3              | 3                         | 4              | 2              | 3               | 18               |
| Capacitor                 | 3                | 3              | 3                         | 3              | 2              | 3               | 17               |
| Rejeitos de solda         | 3                | 3              | 3                         | 3              | 2              | 2               | 16               |
| Tiristor                  | 1                | 2              | 1                         | 4              | 2              | 3               | 13               |
| Relé                      | 1                | 2              | 1                         | 4              | 2              | 3               | 13               |
| Fusível                   | 1                | 3              | 1                         | 3              | 1              | 3               | 12               |
| Varistor                  | 1                | 1              | 1                         | 4              | 2              | 3               | 12               |

A análise pela matriz G.U.T. para o ano de 2009 indicou que os REEE do tipo bateria chumbo-ácido e lâmpada fluorescente empataram em prioridade quanto à importância de seu gerenciamento, podendo-se verificar os resultados pela Tabela 13 adiante. Ambos os resíduos receberam nota máxima em relação à gravidade por causa de seus elementos tóxicos, apresentando urgência quanto ao seu gerenciamento. Do mesmo modo, considerou-se que a tendência em aumentar o impacto ambiental, caso não houvesse gerenciamento de resíduos, seria considerável por parte de ambos os resíduos. As baterias de níquel-cádmio apresentaram um aumento em sua geração, demonstrando que havia uma necessidade de gerenciamento já nas aquisições, com sua substituição por outras menos agressivas ao meio ambiente como, por exemplo, as de níquel-metal hidreto.

Tabela 13 - Aplicação da matriz G.U.T. aos REEE de 2009

| REEE                   | Gravidade | Urgência | Tendência | Soma 2009 |
|------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Bateria chumbo-ácido   | 5         | 5        | 4         | 14        |
| Lâmpada fluorescente   | 5         | 5        | 4         | 14        |
| Bateria NiCd           | 4         | 4        | 4         | 12        |
| Lâmpada vapor mercúrio | 5         | 4        | 2         | 11        |
| Rejeito de Solda       | 4         | 3        | 3         | 10        |
| Pilha                  | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Bateria NiMH           | 3         | 3        | 3         | 9         |
| Circuito integrado     | 3         | 3        | 2         | 8         |
| Transistor             | 3         | 3        | 2         | 8         |
| Diodo                  | 3         | 2        | 2         | 7         |
| Tiristor               | 3         | 2        | 2         | 7         |
| Capacitor              | 3         | 2        | 2         | 7         |
| Bateria lítio          | 3         | 2        | 1         | 6         |
| Lâmpada incandescente  | 2         | 2        | 2         | 6         |
| Varistor               | 3         | 1        | 1         | 5         |
| Fusível                | 2         | 1        | 1         | 4         |
| Resistor               | 2         | 1        | 1         | 4         |
| Relé                   | 1         | 1        | 1         | 3         |

Caso se desejasse determinar a prioridade de tratamento entre os dois primeiros REEE da matriz G.U.T., poderia ser usada a matriz B.A.S.I.C.O. mostrada na Tabela 14 adiante. Assim, seria observado que as lâmpadas fluorescentes se sobressairiam em relação às baterias do tipo chumbo-ácido nos critérios benefício e abrangência. De fato, as lâmpadas são utilizadas em todas as instalações da Empresa, enquanto as baterias o são na Seção de viaturas e em alguns equipamentos de comunicações. No entanto, essas lâmpadas perderiam no critério operacionalidade devido à logística necessária à implementação do sistema de acondicionamento e coleta mais simples para as baterias. Verifica-se, então, que, caso tivesse havido um gerenciamento dos resíduos de lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio e baterias níquel-cádmio, necessidade já sinalizada em 2008, o potencial poluidor desses resíduos teria sido reduzido ou eliminado. Em 2009, as pilhas também figuraram entre os cinco primeiros resíduos para estarem sob um sistema de gerenciamento de resíduos na Empresa, segundo os critérios da matriz B.A.S.I.C.O.

Tabela 14 - Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE de 2009

| REEE                      | Benefício | Abrang. | Satisfação interna | Invest. | Cliente | Operação | Soma 2009 |
|---------------------------|-----------|---------|--------------------|---------|---------|----------|-----------|
| Lâmpada fluorescente      | 5         | 5       | 4                  | 3       | 3       | 2        | 22        |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 4         | 4       | 4                  | 3       | 3       | 2        | 21        |
| Bateria NiCd              | 4         | 4       | 3                  | 3       | 3       | 3        | 21        |
| Bateria chumbo-ácido      | 4         | 4       | 5                  | 3       | 3       | 3        | 21        |
| Pilha                     | 3         | 4       | 3                  | 3       | 3       | 3        | 21        |
| Lâmpada incandescente     | 3         | 4       | 3                  | 4       | 2       | 3        | 20        |
| Bateria NiMH              | 3         | 4       | 3                  | 3       | 2       | 3        | 19        |
| Diodo                     | 3         | 3       | 3                  | 4       | 2       | 3        | 19        |
| Circuito integrado        | 3         | 3       | 3                  | 4       | 2       | 3        | 19        |
| Resistor                  | 2         | 4       | 2                  | 4       | 2       | 5        | 19        |
| Capacitor                 | 3         | 3       | 3                  | 3       | 2       | 3        | 18        |
| Transistor                | 3         | 3       | 3                  | 4       | 2       | 3        | 18        |
| Tiristor                  | 1         | 2       | 1                  | 4       | 2       | 3        | 18        |
| Rejeitos de solda         | 3         | 3       | 3                  | 3       | 2       | 2        | 17        |
| Relé                      | 1         | 2       | 1                  | 4       | 2       | 3        | 16        |
| Varistor                  | 1         | 1       | 1                  | 4       | 2       | 3        | 16        |
| Bateria lítio             | 2         | 2       | 2                  | 3       | 2       | 3        | 14        |
| Fusível                   | 1         | 2       | 1                  | 3       | 1       | 3        | 12        |

Para o ano de 2010, sob o ponto de vista da matriz G.U.T., a Tabela 15 adiante aponta os resíduos derivados das baterias do tipo chumbo-ácido e as lâmpadas a vapor de mercúrio com os REEE mais impactantes, seguidos de perto pelas lâmpadas fluorescentes. Como se observa, houve uma alteração na ordem de prioridade entre os resíduos derivados de bateria chumbo-ácido, lâmpadas a vapor de mercúrio e lâmpadas fluorescentes apresentados pela técnica de Pareto. De fato, as baterias de chumbo-ácido apresentaram um aumento significativo no descarte em relação a 2009 (de 204,08 kg em 2008 para 260,60kg). Por isso, atribuiu-se nota 5 aos quesitos urgência e tendência. Com relação à gravidade, as baterias e as lâmpadas receberam nota máxima pelo conjunto de critérios periculosidade e quantidade. Em relação às lâmpadas fluorescentes, porque vêm apresentando uma redução no seu descarte

desde 2008 reduziu-se a nota da tendência em piorar o impacto ao meio ambiente no comparativo com as baterias.

Tabela 15 - Aplicação a matriz G.U.T. aos REEE de 2010

| <b>REEE</b>            | <b>Gravidade</b> | <b>Urgência</b> | <b>Tendência</b> | <b>Soma 2010</b> |
|------------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| Bateria chumbo-ácido   | 5                | 5               | 5                | 15               |
| Lâmpada vapor mercúrio | 5                | 4               | 4                | 14               |
| Lâmpada fluorescente   | 5                | 5               | 4                | 13               |
| Pilha                  | 3                | 3               | 3                | 11               |
| Bateria litio          | 3                | 3               | 2                | 10               |
| Bateria NiCd           | 4                | 2               | 2                | 10               |
| Diodo                  | 3                | 3               | 4                | 10               |
| Rejeito de Solda       | 4                | 2               | 2                | 9                |
| Circuito integrado     | 3                | 3               | 2                | 8                |
| Tiristor               | 3                | 2               | 1                | 8                |
| Transistor             | 3                | 2               | 1                | 8                |
| Bateria NiMH           | 3                | 2               | 2                | 8                |
| Capacitor              | 3                | 2               | 2                | 7                |
| Varistor               | 3                | 1               | 1                | 7                |
| Fusível                | 2                | 1               | 1                | 6                |
| Lâmpada incandescente  | 2                | 1               | 1                | 5                |
| Resistor               | 2                | 2               | 1                | 5                |
| Relé                   | 1                | 1               | 1                | 4                |

A análise sob os critérios da matriz B.A.S.I.C.O. para os REEE de 2010 está mostrada na Tabela 16 adiante. Como se pode observar, as lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio e as baterias chumbo-ácido estão entre os três primeiros resíduos elencados como prioritários para receberem tratamento diferenciado no que concerne ao seu descarte pela Empresa

Tabela 16- Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O aos REEE de 2010

| <b>REEE</b>               | <b>Benefício</b> | <b>Abrang.</b> | <b>Satisfação interna</b> | <b>Invest.</b> | <b>Cliente</b> | <b>Operação</b> | <b>Soma 2010</b> |
|---------------------------|------------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Lâmpada fluorescente      | 4                | 5              | 5                         | 3              | 3              | 2               | 22               |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 4                | 4              | 4                         | 3              | 3              | 2               | 22               |
| Bateria chumbo-ácido      | 5                | 5              | 5                         | 3              | 3              | 3               | 21               |
| Pilha                     | 3                | 4              | 3                         | 3              | 3              | 3               | 21               |
| Bateria NiCd              | 2                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 21               |
| Resistor                  | 2                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 5               | 21               |
| Diodo                     | 3                | 4              | 3                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Bateria litio             | 3                | 3              | 3                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Bateria NiMH              | 3                | 3              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Transistor                | 3                | 3              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Circuito integrado        | 3                | 3              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Lâmpada incandescente     | 3                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Capacitor                 | 2                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Tiristor                  | 1                | 2              | 1                         | 3              | 3              | 3               | 20               |
| Varistor                  | 1                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 4               | 20               |
| Relé                      | 1                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 5               | 20               |
| Rejeitos de solda         | 3                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 2               | 19               |
| Fusível                   | 1                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 5               | 19               |

Para os resíduos eletroeletrônicos estudados em 2011, a análise pela matriz G.U.T. está representada pelos resultados mostrados na Tabela 17 adiante.

Tabela 17 - Aplicação da matriz GUT aos REEE de 2011

| <b>REEE</b>            | <b>Gravidade</b> | <b>Urgência</b> | <b>Tendência</b> | <b>Soma</b> |
|------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|
| Bateria chumbo-ácido   | 5                | 5               | 5                | 15          |
| Lâmpada vapor mercúrio | 5                | 4               | 4                | 14          |
| Lâmpada fluorescente   | 5                | 5               | 4                | 13          |
| Pilha                  | 3                | 3               | 3                | 11          |
| Bateria lítio          | 3                | 3               | 2                | 10          |
| Bateria NiCd           | 4                | 2               | 2                | 10          |
| Diodo                  | 3                | 3               | 4                | 10          |
| Rejeito de Solda       | 4                | 2               | 2                | 9           |
| Circuito integrado     | 3                | 2               | 2                | 8           |
| Tiristor               | 3                | 1               | 1                | 8           |
| Transistor             | 3                | 3               | 3                | 8           |
| Bateria NiMH           | 3                | 2               | 3                | 8           |
| Capacitor              | 3                | 1               | 1                | 7           |
| Varistor               | 3                | 1               | 1                | 7           |
| Fusível                | 2                | 1               | 1                | 6           |
| Lâmpada incandescente  | 2                | 1               | 1                | 5           |
| Resistor               | 2                | 1               | 1                | 5           |
| Relé                   | 1                | 1               | 1                | 4           |

A aplicação da Matriz G.U.T. aos resultados de 2011 mostra que as baterias chumbo-ácido foram os REEE mais impactantes por conta de sua periculosidade, quantidade gerada e perspectivas de aumento de descarte, recebendo nota máxima em todos os quesitos. As lâmpadas fluorescentes e a vapor de mercúrio, pela toxicidade inerente aos constituintes químicos e quantidade, receberam nota máxima em gravidade. Em urgência, verifica-se a supremacia das lâmpadas fluorescentes em relação às do tipo vapor de mercúrio por conta da quantidade descartada.

Os resultados da análise pela matriz B.A.S.I.C.O. para o ano de 2011 podem ser vistos na Tabela 18. Por essa técnica, os REEE do tipo bateria chumbo-ácido, lâmpada fluorescente e lâmpadas a vapor de mercúrio deveriam ter recebido um tratamento especial quanto à sua destinação, de modo a reduzir seus impactos ao meio ambiente.

Tabela 18 - Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O. aos REEE de 2011

| <b>REEE</b>               | <b>Benefício</b> | <b>Abrang.</b> | <b>Satisfação interna</b> | <b>Invest.</b> | <b>Cliente</b> | <b>Operação</b> | <b>Soma 2011</b> |
|---------------------------|------------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Bateria chumbo-ácido      | 5                | 5              | 5                         | 3              | 3              | 3               | 24               |
| Lâmpada fluorescente      | 5                | 5              | 5                         | 3              | 3              | 2               | 24               |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 4                | 5              | 4                         | 3              | 3              | 2               | 21               |
| Bateria NiMH              | 3                | 4              | 3                         | 3              | 3              | 3               | 19               |
| Pilha                     | 3                | 3              | 3                         | 3              | 3              | 3               | 18               |
| Bateria NiCd              | 4                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 17               |
| Fusível                   | 1                | 1              | 4                         | 3              | 3              | 5               | 17               |
| Rejeitos de solda         | 3                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 2               | 15               |
| Transistor                | 2                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 15               |
| Lâmpada incandescente     | 2                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 15               |
| Circuito integrado        | 2                | 2              | 2                         | 3              | 3              | 3               | 15               |
| Resistor                  | 2                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 5               | 15               |
| Capacitor                 | 2                | 2              | 1                         | 3              | 3              | 3               | 14               |
| Relé                      | 1                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 5               | 14               |
| Bateria lítio             | 2                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 3               | 13               |
| Varistor                  | 1                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 4               | 13               |
| Tiristor                  | 1                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 3               | 12               |
| Diodo                     | 1                | 1              | 1                         | 3              | 3              | 3               | 12               |

A aplicação da matriz G.U.T. aos resíduos acumulados no período 2008 a 2011 pode ser observada na Tabela 19 adiante. Os critérios de gravidade foram verificados à luz da periculosidade e quantidade acumulada descartada. A urgência foi analisada em relação aos descartes de 2011. A tendência foi verificada de acordo com a variação das quantidades geradas de resíduos ao longo dos anos. Verifica-se que o resultado da análise dos resíduos eletroeletrônicos acumulados elencou, como principais resíduos impactantes, os do tipo bateria chumbo-ácido, lâmpada fluorescente e a vapor de mercúrio no período estudado.

Tabela 19 - Aplicação da matriz G.U.T. aos REEE acumulados, período 2008-2011

| <b>REEE</b>            | <b>Gravidade</b> | <b>Urgência</b> | <b>Tendência</b> | <b>Soma</b> |
|------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|
| Bateria chumbo-ácido   | 5                | 5               | 5                | 15          |
| Lâmpada fluorescente   | 5                | 5               | 5                | 15          |
| Lâmpada vapor mercúrio | 5                | 4               | 4                | 13          |
| Diodo                  | 3                | 3               | 4                | 10          |
| Bateria NiMH           | 3                | 3               | 4                | 10          |
| Pilha                  | 3                | 3               | 3                | 9           |
| Transistor             | 3                | 3               | 3                | 9           |
| Bateria NiCd           | 4                | 2               | 2                | 8           |
| Rejeito de Solda       | 4                | 2               | 2                | 8           |
| Bateria litio          | 3                | 3               | 2                | 8           |
| Circuito integrado     | 3                | 2               | 2                | 7           |
| Tiristor               | 3                | 1               | 1                | 5           |
| Capacitor              | 3                | 1               | 1                | 5           |
| Varistor               | 3                | 1               | 1                | 5           |
| Fusível                | 2                | 1               | 1                | 4           |
| Lâmpada incandescente  | 2                | 1               | 1                | 4           |
| Resistor               | 2                | 1               | 1                | 4           |
| Relé                   | 1                | 1               | 1                | 3           |

A matriz B.A.S.I.C.O. aplicada ao período 2008-2011 apresenta os resultados da Tabela 20 adiante, na qual as lâmpadas fluorescentes, baterias chumbo-ácido e as pilhas se destacaram para receberem um gerenciamento adequado, prioritariamente em relação aos demais REEE na Empresa.

As baterias chumbo-ácido, juntamente com as lâmpadas fluorescentes demonstraram, durante todo o período, seu potencial significativo de impactar o meio ambiente com volumes crescentes de descarte durante o período estudado.

Tabela 20- Aplicação da matriz B.A.S.I.C.O aos REEE acumulados, período 2008-2011

| REEE                      | Benefício | Abrang. | Satisfação interna | Invest. | Cliente | Operação | Soma |
|---------------------------|-----------|---------|--------------------|---------|---------|----------|------|
| Lâmpada fluorescente      | 5         | 5       | 5                  | 3       | 3       | 2        | 23   |
| Bateria chumbo- ácido     | 5         | 4       | 5                  | 3       | 3       | 3        | 23   |
| Pilha                     | 3         | 4       | 3                  | 3       | 3       | 3        | 19   |
| Bateria NiMH              | 3         | 4       | 3                  | 3       | 3       | 3        | 19   |
| Lâmpada vapor de mercúrio | 4         | 3       | 3                  | 3       | 3       | 2        | 18   |
| Bateria NiCd              | 4         | 2       | 2                  | 3       | 3       | 3        | 17   |
| Fusível                   | 1         | 1       | 4                  | 3       | 3       | 5        | 17   |
| Transistor                | 3         | 2       | 2                  | 3       | 3       | 3        | 16   |
| Tiristor                  | 3         | 2       | 2                  | 3       | 3       | 3        | 16   |
| Lâmpada incandescente     | 3         | 2       | 2                  | 3       | 3       | 3        | 16   |
| Circuito integrado        | 3         | 2       | 2                  | 3       | 3       | 3        | 16   |
| Capacitor                 | 3         | 2       | 2                  | 3       | 3       | 3        | 16   |
| Bateria lítio             | 2         | 3       | 2                  | 3       | 3       | 3        | 16   |
| Rejeitos de solda         | 3         | 2       | 2                  | 3       | 3       | 2        | 15   |
| Resistor                  | 2         | 1       | 1                  | 3       | 3       | 5        | 15   |
| Diodo                     | 3         | 1       | 1                  | 3       | 3       | 3        | 14   |
| Relé                      | 1         | 1       | 1                  | 3       | 3       | 5        | 14   |
| Varistor                  | 1         | 1       | 1                  | 3       | 3       | 4        | 13   |

### 7.6.3 Comparação entre os resultados de Pareto, G.U.T. e B.A.S.I.C.O.

A Tabela 21 adiante apresenta uma comparação entre os três primeiros resultados obtidos segundo a análise por cada técnica aplicada aos resíduos eletroeletrônicos de 2008. Levando-se em consideração a periculosidade dos REEE, tanto a técnica de Pareto quanto a matriz G.U.T. indicam os resíduos do tipo lâmpada fluorescente e bateria do tipo chumbo-ácido para um gerenciamento prioritário dentre os demais resíduos, concorrendo assim para a minimização dos impactos ambientais decorrentes de um descarte inadequado. Já a matriz B.A.S.I.C.O demonstra que a Empresa teria condições de implantar um sistema de gerenciamento de resíduos incluindo não apenas esses resíduos, mas também os derivados de lâmpadas a vapor de mercúrio em 2008.

Tabela 21 - Comparativo dos resultados das análises em 2008

| <b>PARETO</b>               | <b>MATRIZ G.U.T</b>              | <b>MATRIZ B.A.S.I.C.O</b>        |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Lâmpada fluorescente</b> | <b>Lâmpada fluorescente</b>      | <b>Lâmpada fluorescente</b>      |
| <b>Bateria chumbo-ácido</b> | <b>Bateria chumbo-ácido</b>      | <b>Bateria chumbo-ácido</b>      |
| Bateria NiMH                | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> |

Pelo comparativo da Tabela 22 verifica-se que em 2009 a Empresa poderia ter submetido as lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio e as baterias do tipo níquel-cádmio a um sistema de gerenciamento de resíduos, reduzindo o impacto de suas atividades de sobre o meio ambiente.

Tabela 22 - Comparativo dos resultados das análises em 2009

| <b>PARETO</b>               | <b>MATRIZ G.U.T</b>         | <b>MATRIZ B.A.S.I.C.O</b>        |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| <b>Lâmpada fluorescente</b> | <b>Bateria Chumbo Ácido</b> | <b>Lâmpada fluorescente</b>      |
| <b>Bateria chumbo-ácido</b> | <b>Lâmpada fluorescente</b> | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> |
| Bateria NiMH                | <b>Bateria NiCd</b>         | <b>Bateria NiCd</b>              |

No comparativo da Tabela 23, os três primeiros REEE elencados pela matriz G.U.T., ou seja, lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio e baterias do tipo chumbo-ácido estariam dentro das possibilidades de gerenciamento da Empresa em 2010.

Tabela 23 - Comparativo dos resultados das análises em 2010

| <b>PARETO</b>               | <b>MATRIZ G.U.T</b>              | <b>MATRIZ B.A.S.I.C.O</b>        |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Lâmpada fluorescente</b> | <b>Bateria chumbo-ácido</b>      | <b>Lâmpada fluorescente</b>      |
| <b>Bateria chumbo-ácido</b> | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> |
| Bateria NiMH                | <b>Lâmpada fluorescente</b>      | <b>Bateria chumbo-ácido</b>      |

Pela Tabela 24 adiante, observa-se um comparativo entre os três primeiros REEE resultantes das análises com as técnicas empregadas aos REEE de 2011. Pode ser visto que os

três primeiros REEE elencados pela matriz GUT poderiam ter sido alvo de um gerenciamento de resíduos na Empresa, confirmando dois resíduos apontados por Pareto (lâmpada fluorescente e bateria chumbo-ácido) na priorização do gerenciamento do seu descarte e destinação.

Tabela 24 - Comparativo dos resultados das análises em 2011

| <b>PARETO</b>               | <b>MATRIZ G.U.T</b>              | <b>MATRIZ B.A.S.I.C.O</b>        |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Lâmpada fluorescente</b> | <b>Bateria chumbo-ácido</b>      | <b>Bateria chumbo-ácido</b>      |
| <b>Bateria chumbo-ácido</b> | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> | <b>Lâmpada fluorescente</b>      |
| Bateria NiMH                | <b>Lâmpada fluorescente</b>      | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> |

A Tabela 25 adiante sintetiza a análise do período estudado, demonstrando quais REEE poderiam ter sido priorizados em um sistema de gerenciamento de resíduos na Empresa.

Tabela 25 - Comparativo dos resultados das análises no período acumulado de 2008-2011

| <b>PARETO</b>               | <b>MATRIZ G.U.T</b>              | <b>MATRIZ B.A.S.I.C.O</b>   |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| <b>Lâmpada fluorescente</b> | <b>Bateria chumbo-ácido</b>      | <b>Lâmpada fluorescente</b> |
| <b>Bateria chumbo-ácido</b> | <b>Lâmpada fluorescente</b>      | <b>Bateria chumbo ácido</b> |
| Pilha                       | <b>Lâmpada vapor de mercúrio</b> | <b>Pilha</b>                |

Interessante notar que, embora as lâmpadas a vapor de mercúrio tenham aparecido dentre os três principais REEE a ser gerenciado de acordo com os critérios da matriz B.A.S.I.C.O, não o foi na análise do acumulado 2008-2011. Isto ocorreu porque, no período 2008-2011, os resíduos do tipo pilhas e baterias de níquel-metal hidreto se sobressaíram em relação às lâmpadas a vapor de mercúrio em abrangência, que está relacionada à quantidade gerada, e também na facilidade de operacionalização das medidas para seu gerenciamento. No entanto, devido à sua relevância em todo o período estudado, seria esperada sua inclusão no sistema de gerenciamento de resíduos da Empresa.

## 8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A pesquisa de campo realizada, que incluiu o processo de coleta seletiva, apresentou sua importância sob o ponto de vista da dinâmica dos serviços. Observou-se que há práticas isoladas de reuso e reaproveitamento de alguns componentes eletrônicos removidos de sucatas no Departamento de Eletrônica, mas não se pratica a logística reversa na Empresa, à exceção das baterias de chumbo-ácido do Setor de Viaturas. Verificou-se também que a Empresa não dispõe de um setor responsável pelo gerenciamento ambiental, nem de sistema de gerenciamento de resíduos.

Para possibilitar a caracterização e estimativa da quantidade de resíduos eletroeletrônicos gerados mais condizentes com a realidade da Empresa, o estudo demonstrou necessitar de mais dados, além dos levantados na pesquisa de campo. Nesse sentido, os relatórios 30-16 revelaram-se boas fontes de dados.

Através do pressuposto de que a cada componente adquirido correspondia um resíduo descartado, pode-se estimar a quantidade gerada de resíduos no período estudado, somente pela substituição de componentes eletroeletrônicos. Chegou-se à quantidade aproximada de três toneladas de resíduos, em sua maioria classificados qualitativamente como perigosos de acordo com a legislação ambiental vigente. Através dessa estimativa, verifica-se o potencial da Empresa em impactar o meio ambiente e, conseqüentemente, a necessidade de implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos para evitar a geração de passivo ambiental.

Em relação aos serviços realizados na Empresa, observa-se que, muito embora a demanda por parte dos clientes esteja aumentando desde 2008, como demonstra a evolução do número de ordens de Serviços abertas (Quadro 24), a Empresa apresenta uma perda na sua capacidade em atendimento, sobretudo em relação aos serviços na área de eletrônica. Esta conclusão baseia-se na redução significativa do descarte de REEE ao longo dos anos, sobretudo em 2011, na redução do número de Ordens de Serviço concluídas e no aumento das não atendidas. A redução de serviços remete a problemas como a evasão de mão de obra e diminuição dos recursos financeiros disponíveis para realizar investimentos na própria Empresa, o que poderá agravar ainda mais o declínio no atendimento de uma de suas principais atividades fim. Em tempo, ressalta-se que o Quadro 24, referente à dinâmica das Ordens de Serviço, enquadra serviços ligados à atividade fim na área de eletrônica até meados

de 2010. Após essa época, retrata todo o movimento das O/S da Empresa, incluindo também as atividades relativas às atividades nos setores de armamento e software dos sistemas.

Verificou-se, que a maior geração de REEE, no período estudado, relacionou-se aos resíduos derivados da manutenção das instalações da própria Empresa, antes mesmo da fusão ocorrer, acentuando-se o descarte de baterias do tipo chumbo-ácido e lâmpadas a vapor de mercúrio posteriormente a essa ocorrência. As lâmpadas fluorescentes e as baterias do tipo chumbo-ácido foram os REEE mais descartados em todo o período estudado, antes e depois da fusão das Empresas. Embora as lâmpadas a vapor de mercúrio não tenham apresentado um descarte significativo como as fluorescentes, sugere-se que se junte ao rol dos principais REEE a terem um gerenciamento adequado por causa da gravidade do mercúrio que elas contêm, contando com a mesma estratégia usada pelas fluorescentes para seu descarte e disposição final.

Como se observou durante esta pesquisa, os REEE usualmente descartados na Empresa apresentaram qualitativamente potencial perigoso ao meio ambiente. Embora a NBR 10.004/2004 informe que o laudo de classificação dos resíduos pode ser baseado exclusivamente na identificação do processo produtivo quando os resíduos se enquadrarem nas listagens dos seus anexos A e B, uma análise por amostragem em que alguns REEE fossem submetidos a ensaios de lixiviação seria importante. Tal procedimento certamente proporcionaria uma confirmação dos dados contidos nas folhas de especificação dos fabricantes dos CEEE, atribuindo maior credibilidade quanto ao seu enquadramento como perigosos.

A coleta de dados realizada na pesquisa de campo, se efetuada de modo mais abrangente e com frequência, poderia proporcionar um resultado bem próximo à realidade da Empresa em termos da quantidade gerada de REEE. A Empresa dispõe de balanças onde são pesados os gêneros alimentícios quando do seu recebimento. Aproveitando essa facilidade, poderia ser realizada uma pesagem diária de REEE.

O condomínio que a Empresa paga ao órgão coletor de resíduos inclui um percentual equivalente ao lixo recolhido. Nesse caso, nada mais justo do que pagar somente pela quantidade coletada. Um contato informal com o gestor de resíduos do órgão coletor resultou na proposta, também informal, de disponibilização de coletores especiais para a Empresa, além de coletas especiais para os REEE. Sendo assim, poderia ser imediatamente estabelecido um sistema de gerenciamento integrado entre Empresa e órgão coletor, aproveitando seu contrato com entidades capacitadas para destinar corretamente os resíduos eletroeletrônicos, incluindo-se na rotina da Empresa a pesagem diária do lixo eletroeletrônico. Essa pesagem

seria acompanhada do preenchimento de um tipo de manifesto de REEE, contendo a quantidade gerada, antes dos REEE serem recolhidos pelo órgão coletor ou depositados em coletores especialmente alocados para eles. Os manifestos de REEE poderiam ser entregues quinzenal ou mensalmente ao órgão coletor, com o controle do preenchimento, arquivamento e entrega do manifesto de REEE ao órgão coletor a cargo do setor de Serviços Gerais, enquanto a Empresa não dispusesse de um setor responsável pelas atividades ligadas ao meio ambiente.

Caso se decida pela implementação do gerenciamento integrado, o pessoal da firma de limpeza e os funcionários da Empresa necessitarão de treinamento para a coleta diferenciada. Este poderá ser ministrado pelo grupo de funcionários já capacitados na Empresa, sem custo adicional atribuído a contratos externos. No que tange ao treinamento, sugere-se que a equipe eleita para compor a Comissão de Coleta Seletiva Solidária seja o primeiro grupo a ter capacitação ambiental, atuando posteriormente como multiplicadores junto aos atores envolvidos no processo.

Em virtude da peculiaridade de alguns resíduos, sugere-se o estudo de um local adequado para o acondicionamento dos REEE, favorecendo sua coleta diferenciada pelo órgão coletor e o transporte a empresas especializadas na sua disposição final. Esse é o caso das lâmpadas fluorescentes e a vapor de mercúrio, das pilhas e baterias chumbo-ácido, por exemplo. A Empresa dispõe de área no Paiol de Baixa de Uso de Material onde os REEE poderiam ser estocados para posterior descarte. No caso das lâmpadas, é necessária uma determinada quantidade para que sejam recolhidas por algumas empresas. Já é fato que algumas baterias do tipo chumbo-ácido são adquiridas à base de troca.

Em relação às baterias de níquel-cádmio, sugere-se que a Empresa dê ênfase à aquisição e utilização de baterias recarregáveis à base de lítio ou níquel-metal hidreto, reduzindo a contaminação do solo pelo cádmio. O incentivo à logística reversa também poderia ser estabelecido com a devolução das pilhas e baterias aos fornecedores, alinhando-se ao preconizado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Os semicondutores (circuitos integrados, diodos e transistores) poderiam ser adquiridos de modo a atender às especificações de redução do uso de substâncias perigosas como estabelece a diretiva *RoHS* da Comunidade Europeia, haja vista que os fabricantes atribuem uma nomenclatura diferenciada aos componentes em conformidade com ela. Para tal, um treinamento poderia ser ministrado aos compradores da Empresa.

Sugere-se que o material que recebe ratificação de baixa de uso também seja pesado, antes de ser estocado nos paióis, o que facilitaria sua doação para cooperativas ou a venda

como sucata para firmas, após estar descaracterizado. Com relação ao material do Paiol de Informática, com maior tempo de estoque à espera de uma destinação, seus módulos e placas de circuito impresso sem interesse para a Empresa poderiam ser encaminhados para escolas, cooperativas, organizações não governamentais ou firmas para serem reutilizados em trabalhos como o da Fábrica Verde no Complexo do Alemão (item 2.4).

Em se tratando dos CEEE presentes nas sucatas mantidas nas Seções do Departamento de Eletrônica, um programa voltado à remoção das placas de circuito impresso para reaproveitamento nos serviços de reparo e manutenção de itens da Empresa poderia ser implementado. O aprendizado e treinamento no uso dos diferentes tipos de ferro de solda e dessoldadores de solda poderia ser uma das etapas do estágio oferecido a alunos de instituições conveniadas com a Empresa. Os componentes poderiam ser armazenados no almoxarifado da Empresa em um setor identificado como de “reaproveitamento de itens”.

O uso da técnica de Pareto e das matrizes G.U.T. e B.A.S.I.C.O. possibilitou analisar os REEE gerados ano a ano e na totalidade do período estudado, identificando quais teriam sido os resíduos selecionados para um gerenciamento ambientalmente adequado, na época e atualmente, segundo as condições da Empresa.

Para a implementação de todas essas medidas em prol do gerenciamento ambiental dos resíduos, é indispensável que a Empresa disponha de uma política ambiental e de um setor responsável pelas questões relativas ao meio ambiente para que novamente não se percam os procedimentos a serem adotados, nem o treinamento dispensado aos seus funcionários.

Sugere-se que os avanços obtidos pelos trabalhos na área de meio ambiente sejam divulgados na Empresa, sobretudo ao seu gestor, em conjunto com as demais informações a respeito dela.

Finalmente, como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de linhas de descarte sustentável para os resíduos eletroeletrônicos da Empresa, com a implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos integrado ao órgão coletor para todos os demais resíduos nela gerados. Desse sistema, faria parte o manual de gerenciamento integrado de resíduos, possibilitando a prática de ações necessárias para o cumprimento das instruções do Decreto nº 5.940/06 e da na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

## REFERÊNCIAS

- ABINEE. *Balança Comercial, Janeiro-Fevereiro/2011*. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon12.htm>>. Acesso em: 02 mai. 2011.
- \_\_\_\_\_. Propostas para uma nova Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE): *A Importância do Setor Elétrico e Eletrônico*. 2008. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/programas/imagens/propabin.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2011.
- \_\_\_\_\_. *Pilhas e Baterias: programa de recolhimento atende Resolução Conama 401*. 2011.
- ABRELPE. *Caderno Especial: Panorama Mundial dos Resíduos Sólidos*, 2007.
- \_\_\_\_\_. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2010*. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 17 jul. 2011.
- AFESBJ. *Qualidade*. Coleção Gestão Empresarial. v.2. Faculdades Bom Jesus. Economia empresarial / Fae Business School. Curitiba: Associação Franciscana de Ensino Senhor Bom Jesus, 2002. 70p. Disponível em: <<http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/empresarial/5.pdf>>. Acesso em: 02 fev.2012.
- ANDRADE, Renata. *Caracterização e Classificação de Placas de Circuito Impresso de Computadores como Resíduos Sólidos*. Universidade Estadual de Campinas, 2002. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document>>. Acesso em: 20/11/2011.
- ARAÚJO, Giovanni Moraes de. *Sistema de Gestão Ambiental ISO 14.001/04 Comentada*. 1.ed. Rio de Janeiro:GVC, 2005.
- ÁREA MILITAR. *Fragata Classe Greenhalgh*. Disponível em: <<http://areamilitar.net/DIRECTORIO/NAV.aspx?nn=26>>. Acesso em: 20 fev.2012.
- \_\_\_\_\_. *Submarino de ataque (SSK) Classe Tupi*. Disponível em: <<http://areamilitar.net/directorio/NAV.aspx?nn=32>>. Acesso em 20 fev. 2012.
- \_\_\_\_\_. *Corvetas Classe Inhaúma*. Disponível em: <<http://areamilitar.net/DIRECTORIO/NAV.aspx?nn=10>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004. Classificação de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, 2004. 71p.
- \_\_\_\_\_. *NBR 13463. Coleta de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 1995. 3p.
- \_\_\_\_\_. *NBR 12235. Armazenamento de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 1988. 14p.
- ATSDR. *SPL SUPPORT DOCUMENT*. 2011. Disponível em: <[http://www.atsdr.cdc.gov/spl/resources/ATSDR\\_2011\\_SPL\\_Support\\_Document.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/spl/resources/ATSDR_2011_SPL_Support_Document.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2011.
- \_\_\_\_\_. *SPL TOXICITY VALUES*. 2011. Disponível em: <[http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/resources/ATSDR\\_2011\\_SPL\\_Detailed\\_Data\\_Table.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/resources/ATSDR_2011_SPL_Detailed_Data_Table.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2011.

\_\_\_\_\_. *Reportable Quantity Adjustment technology*. 2011 Disponível em: <<http://www.epa.gov/osweroel/content/reporting/rqmethod.htm>>. Acesso em: 05 out. 2011.

\_\_\_\_\_. *Minimal Risk Levels for Hazardous Substances*, 2010. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrlolist.asp>>. Acesso em: 10 out. 2011.

BAIRD, Colin. *Química Ambiental*. Trad. Maria Angeles Lobo Recio; Luiz Carlos Marques Carrera. 2ª Ed. Ed. Bookman, 2002. 622 p.

BERTULANI, Carlos (Adaptação para projeto de física à distância). *A História da Eletrônica*. Disponível em: < [www.if.ufrj.br/teaching/eletronica/texto2.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/eletronica/texto2.html)>. Acesso em: 27 jan. 2012.

BRAGA, 2005. BRAGA, Benedito ( vários autores). *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ªed. Sao Paulo. Ed Pearson Prentice Hall. 2005. 318p.

CARDOSO, Fernando Henrique.IANNI, Octavio. *Homem e Sociedade: leituras básicas de sociologia geral*. Biblioteca Universitária, série 2, Ciências Sociais, vol 5. 5ª Ed. São Paulo: Nacional, 1970.

CEDET Treinamento e Consultoria. *Gráfico de Pareto*. Disponível em: <<http://www.cedet.com.br/index.php?/Tutoriais/Gestao-da-Qualidade/grafico-de-pareto.html>>. Acesso em: 22 abr 2011.

CHEREMISINOFF, Nicholas P. *Handbook Pollution Prevention Pratices*. New York .Ed MARCEL DEKKER, INC., 2001. 429 p.

CMS. Relatórios modelos 30-16. 2008-2011.

COELHO, Hélio Guilherme José. *O Desenvolvimento Tecnológico da Industrial Naval de Defesa – Uma Questão Estratégica*. Universidade Federal Fluminense- Departamento de Ciência Política. Dissertação de Mestrado defendida em 2009.

COMISSÃO EUROPEIA.

*A UE e a Gestão dos Resíduos*.Germany, 2000. 19p.

DARWIN, Charles. *A Origem das Espécies*. São Paulo: Ed. Hemus, 1981.

CUI, Jirang, FORSSBERG, Eric. *Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review*. Division of Mineral Processing, Luleå University of Technology, SE-971 87 Luleå, Sweden. Journal of Hazardous Materials B99 (2003) 243–263. Disponível em: < [www.elsevier.com/locate/jhazmat](http://www.elsevier.com/locate/jhazmat)>. Acesso em 05 mar. 2012.

DIAMOND, Jared.. RAPOSO, Alexandre (Trad); MAIA, Waldec Dié (Ver). *Colapso: como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso*. 5ª Ed. Rio de Janeiro-São Paulo: Record, 2007.

D'ALLONES, Claude Revault. *Os Procedimentos Clínicos nas Ciências Humanas. Documentos, Métodos, Problemas*. Textos coordenados por Alain Giami e Monique Plaza

Tradução: Zakie Yazigi Riskallah e Laila Yazigi Massuh. Revisão: Latife Yazigi. - São Paulo: Casa do Psicólogo, 2004.

ECO, Humberto. *Como se faz uma tese em ciências humanas*. Queluz: Editorial Presença, 2005. 238p.

EPA. Environmental Protection Agency. Washington, DC., USA. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em :16 abril 2011.

\_\_\_\_\_. *Management of Electronic Waste in the United States: Approach Two*. Draft Final Report. EPA530-R-07-004b . Based on analyses prepared under contract for the Office of Solid Waste by Industrial Economics, Incorporated. Washington, DC, 2007. 84p. Disponível em:<<http://www.epa.gov/wastes/conservation/materials/ecycling/docs/app-2.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2012.

EUROPA. Website da União Europeia: Sínteses da legislação da UE. Disponível em <[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/waste\\_management/121208\\_pt.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/121208_pt.htm)>. Acesso em 05 de Nov. 2011.

FGV. *Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: O Nosso Futuro Comum*. 2ª Ed. Rio de Janeiro Fundação Getúlio Vargas-FGV, 1991. 430p.

FIRJAN. *Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo*. 2ªed. Rio de Janeiro: GMA, 2006. Disponível em:<[http://www.seplan.am.gov.br/arquivos/download/arqeditor/planejamento/des\\_org/treinamentos/Avaliacao\\_e\\_Monitoramento\\_de\\_Programas.pdf](http://www.seplan.am.gov.br/arquivos/download/arqeditor/planejamento/des_org/treinamentos/Avaliacao_e_Monitoramento_de_Programas.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2012.

FRUTUOSO, Suzane G. *Brasileiro reduz gasto com cartão no exterior*. Jornal da Tarde-Sessão Seu Bolso.Ed 28 de junho de 2011. Disponível em: < <http://blogs.estadao.com.br/jt-seu-bolso/tag/turistas-brasileiros/page/2/>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

GALVÃO, A.P.M. *Priorização de ações de pesquisa*. Embrapa Florestas, 2000. 20p. Disponível em:< <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc41.pdf>>. Acesso em:22 abr. 2011.

GIL, Antônio Carlos. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas, 1987. 206 p.

GREENEMEIER, Larry. *Lei americana não consegue acompanhar o acúmulo de lixo eletrônico: A posição dos Estados Unidos frente à gestão do lixo eletrônico ainda tem muito o que evoluir*. Scientific American Brasil, Ed. 06 mar.2008. Disponível em:<[http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/lei\\_americana\\_nao\\_consegue\\_acompanhar\\_o\\_acumulo\\_de\\_lixo\\_eletronico.html](http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/lei_americana_nao_consegue_acompanhar_o_acumulo_de_lixo_eletronico.html)>. Acesso em 01 mar. 2012.

GUTOWSKI, 2010. GUTOWSKI, Timothy; BOUSTANI, Avid; SAHIL, Sahni; GRAVES, Steven. *Appliance Remanufacturing and Energy Savings*. Environmentally Benign Manufacturing Laboratory. Sloan School of Management. MITI-1-a-2010. Disponível em: <<http://web.mit.edu/ebm/www/Publications/MITI-1-a-2010.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2011.

HISCHIER, R; WÄGER, 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)*. Swiss Federal Institute for Materials Testing and Research, Empa/Technology and Society Lab, Lerchenfeldstr. 5, CH-9014 St. Gallen, Switzerland. Environmental Impact Assessment Review 25 (2005) 525– 539. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/eiar](http://www.elsevier.com/locate/eiar)>. Acesso em 05 mar. 2012.

IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas. Estudos & Pesquisas: *O setor de tecnologia da informação e comunicação no Brasil 2003-2006*. Informação Econômica número 11. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Diretoria de Pesquisas. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/stic/default.shtm>>. Acesso em: 7 out 2011.

\_\_\_\_\_. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio: Síntese de Indicadores 2009*. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010*. Número 7. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default\\_sinopse.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_sinopse.shtm)>. Acesso em :15 set. 2011.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta; SANTOS, Fernando César Almada. *Evolução da Gestão Ambiental na Empresa: Uma Taxonomia Integrada à Gestão da Produção e de Recursos Humanos*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Revista Gestão e Produção – G&P. v.13, n.3, p.435-448, set.-dez. 2006.

JARDIM, Niza Silva (Coord) et al. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. 1ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas : CEMPRE, 1995.

JSTOR database. HAAS, Peter M. Banning. Chlorofluorocabons: Epistemic Communit Efforts to Protect Stratosferic Ozone. International Organization. v.6. Issue 1, Knowledge, Power, and International Policy Coordination (Winter, 1992), 187-224. Disponível em: <<http://www.stanford.edu/class/polisci243c/readings/v0002087.pdf>>. Acesso em: 6 jan. 2012. 38p.

LAGO, André Aranha Corrêa do. *Estocolmo, Rio, Joanesburgo o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas*. MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES, 2006. Disponível em: <<http://www.dominipublico.gov.br/download/texto/al000189.pdf>>. Acesso em: 28 jan 2012>.

LAKATOS, Eva Maria. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e elatório, publicações e trabalhos científicos*. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 1992.

LIMA, Leomar Valença. *A Importância da Gestão de Resíduos Sólidos na Redução de Custos da Não Qualidade*. Faculdade de Engenharia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2010

LIMA, Paulo Daniel Barreto. *Perfil Contemporâneo da Capacidade de Gestão dos Órgãos e Entidades da Administração Pública Brasileira*. XIV Congresso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Salvador de Bahia, Brasil, 27 - 30 oct. 2009. Disponível em: <<http://www.gespublica.gov.br/biblioteca/pasta.2010-12-08.2954571235/lima.pdf>>. Acesso em: 04 fev 2012.

LONGO, Rose Mary Juliano. *Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação*. Disponível em:< [http://www.ipea.gov.br/pub/td/td\\_397.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_397.pdf)>. Acesso em 05 fev 2012.

MANAHAN, Stanley E. *Environmental Chemistry*. 17ed. Lewis Publishers, 2000. 876 p.

MARTINI JÚNIOR, Luiz Carlos de; GUSMÃO, Antonio Carlos de Freitas de. *Gestão Ambiental na Indústria*. Rio de Janeiro:Destaque, 2003. 212p.

MARTINO, Prof. Dr. João Antonio. *Por dentro do circuito integrado*. Disponível em:<<http://www.lps.usp.br/lps/arquivos/conteudo/grad/dwnld/integrado.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2012.

MESQUITA JÚNIOR, José Maria de. *Gestão integrada de resíduos sólidos*. Karin Segala (Coord.). Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40p.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. *Balança Comercial Brasileira jan/fev, 2011*. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1300457129.doc](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1300457129.doc)>. Acesso em: 15 set. 2011.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. ZVEIBIL, Victor Zular (Coord). *Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

MURPHY, Joseph. *The Power of Your Subconscious Mind*. United States of America: Prentice Hall, 1963. 224p.

NERI, Marcelo Cortes. *A Nova Classe Média: O Lado Brilhante Dos Pobres*. SUMÁRIO EXECUTIVO. v.3.0. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Políticas Sociais, 2010. Disponível em: < <http://www.fgv.br/cps/nem/>>. Acesso em:15 set 2011.

NETO, Edison. A. C. Aranha. *Solda Estanho-Chumbo: Aplicações na Eletrônica*. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2000. Disponível em: < <http://www.eletrica.ufpr.br/piazza/materiais/EdisonNeto.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2012.

NISENBAUM, Moises André . *Pilhas e Baterias*. Disponível em: < [http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\\_pilhas\\_e\\_baterias.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_pilhas_e_baterias.pdf)>. Acesso em: 25/01/12.

Nomenclatura e Encapsulamento de Componentes. Disponível em: < SMD<http://smd-online.com/NomenclaturaEncCompSMD.htm>>. Acesso em :21 fev. 2012.

PADOVANI. W. F. *Os desafios da era do lixo*. Revista Veja. Ed Especial Sustentabilidade 01/12/11, p. 18 a 24. Disponível em

<[http://www.abrelpe.org.br/noticias\\_clipping\\_detalhe.cfm?NotClippingID=1160](http://www.abrelpe.org.br/noticias_clipping_detalhe.cfm?NotClippingID=1160)>. Acesso em: 28 jan. 2012.

PÁDUA, Elisabete M. M.. *Estudos de Caso e Transdisciplinaridade: Desafios da Complexidade*. Programa Permanente de Capacitação Pedagógica. PUC-CAMPINAS, 2006.

PASSOS, Priscila Nogueira Calmon de. *A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente*. Revista Direitos Fundamentais & Democracia.v.6. ISSN1982-0496. UNIBRASIL, 2009. Disponível em: <<http://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/viewFile/266/195>>. Acesso em: 2 set. 2011.

PLATIAU, Ana Flávia Barros; VARELLA, Marcelo Dias; SCHLEICHER, Rafael T.. *Meio ambiente e relações internacionais: Perspectivas teóricas, respostas institucionais e novas dimensões de debate*. Revista Brasileira de Política Internacional. Instituto Brasileiro de Relações Internacionais. Local. Ano 47, nº 2, 2004. Disponível em: <[Http://www.scielo.br/pdf/rbpi/v47n2/v47n2a04.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbpi/v47n2/v47n2a04.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2011.

PNUMA. SCHLUEP, Mathias; HAGELUEKEN, Christian; KUEHR, Ruediger; MAGALINI, Federico; MAURER, Claudia; MESKERS, Christina; MUELLER, Esther; WANG, Feng. *Recycling - From E\_Waste to Resources: Sustainable Innovation and technology Transfer Industrial Sector Studies: Solving the E\_Waste Problem – STEP*. July, 2009. Disponível em: <[http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste\\_publication\\_screen\\_FINALVERSION-sml.pdf](http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf)>. Acesso em: 30 jan. 2012.

PODER NAVAL. *As Corvetas Classe “Inhaúma”*. 2009. Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/destaque/escoltas/o-projeto-corveta-30-anos-depois/#axzz1q5dNGQli>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

RAVEN, H. Raven; BERG, Linda. R.; HASSENZAHN, David M.. *Environment*. 6th ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2008. 599p.

RCRA. Summary of Resource Conservation and Recovery Act, 1976. Generation, transportation, treatment, storage, and disposal of hazardous waste. Disponível em: <<http://www.epa.gov/lawsregs/laws/rcra.html>>. Acesso em :25 out. 2011.

RIBEIRO, Celso Munhoz; GIANNETTI, Biagio F.; e ALMEIDA, Cecilia M. V. B. *Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial*. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art4.htm>>. Acesso em: 21/04/11.

SAWYER, Clair N; MCCARTY Perry L.; PARKIN, Gene F. *Chemistry for environmental engineering and science*. 5th ed. New York, McGraw Hill, 2003.

SENNET, Richard. *The culture of the new Capitalism*. United States of America: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2006. 214 p.

SPERANZA, Paul A.; WAGNER, Jerome J. Case Study: Elimination of Ozone-Depleting Substances from IBM's. *Microelectronics Manufacturing Site at Endicott. International CFC and Halon Alternatives Conference*. Washington, D.C., October 24-26, 1994 New York, 1994. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/27/26247.pdf>> Acesso em: 15 set. 2011.

TCHOBANOGLIOUS, George; KREITH, Davis. *Handbook of Solid Waste Management*. 2ed. Mc Graw-Hill Handbooks. 2002. 834p.

TUTOMANIA. Maníacos por conhecimento. *Matriz de Priorização*. Disponível em: <<http://www.tutomania.com.br/artigo/matriz-de-priorizacao>>. Acesso em 19 nov. 2011.

UNEP, 2011. *Young adults urged to play role in shift towards sustainable lifestyles*. United Nations, Environmental Programme. Disponível em: <[http://www.unep.fr/scp/marrakech/taskforces/pdf/Visions\\_for\\_Change\\_FinalPressRelease\\_120511.pdf](http://www.unep.fr/scp/marrakech/taskforces/pdf/Visions_for_Change_FinalPressRelease_120511.pdf)>. Acesso em: 22 ago.2011.

VEJA. *Brasil, um país que viaja e gasta*. Caderno de Economia. Edição de 28 nov.2010. Disponível em: < <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/brasil-um-pais-que-viaja-e-gasta>>. Acesso em: 17 ago. 2011.

WARTH, Anne. *Compras são principal gasto de brasileiro no exterior*. Website Estadão - Seção ECONOMIA & NEGÓCIOS. Disponível em: < <http://blogs.estadao.com.br/jt-seu-bolso/compras-sao-principal-gasto-de-brasileiro-no-exterior/>>. Acesso em: 02 set. 2011.

## Legislação

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988. 140 p.

\_\_\_\_\_. Decreto-Lei nº 5.484, de 30 de junho de 2005. Aprova a Política de Defesa Nacional, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de

maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei Complementar nº 75, de 20 de maio de 1993. Dispõe sobre a organização, as atribuições e o estatuto do Ministério Público da União.

CONAMA Resolução nº 275/01, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 401/2008 do CONAMA, de 4 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.

NORMAS TÉCNICAS AMBIENTAIS DA MARINHA. NORTAM- 02. Norma Técnica Ambiental Sobre Sistema de Gestão Ambiental nas Organizações Militares de Terra. Rio de Janeiro, 2005. 44p.

\_\_\_\_\_. NORTAM-06. Norma Técnica Ambiental Sobre Separação dos Resíduos Recicláveis Descartados pelas OM da MB. Rio de Janeiro, 2007. 22p.

SGM-107. Normas Gerais de Administração. Rev. 4. Marinha do Brasil. Secretaria-Geral da Marinha. 2011. 213p.

### **Sites de fabricantes e fornecedores de componentes eletrônicos**

Fairchild Semiconductor Solutions for Your Success. San Jose, CA, USA. Fairchild Semiconductor Corporation. Disponível em: <<http://www.fairchildsemi.com/>>. Acesso em: 18 dez. 2011.

JAMECO Electronics . Jameco Company. USA. Disponível em: <<http://www.jameco.com>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

Enabling Energy Efficient Solutions. ON Semiconductor. Phoenix, USA. Disponível em <<http://www.onsemi.com>>. Acesso em: 21 dez. 2011.  
DATASHEETCatalog.com. Disponível em: < <http://www.datasheetcatalog.com>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

Texas Instrument Semiconductor. USA. Disponível em: < <http://www.ti.com/>>. Acesso em 01 nov. 2011.

\_\_\_\_\_. The Library Catalog of Texas State Agencies. Disponível em: <<http://tsla.sirsi.net/uhtbin/cgiirsi/x/x/0/49/>>. Acesso em: 18 dez. 2011.

Farnell do Brasil. Farnell Newark. São Paulo. Disponível em: <<http://www.farnellnewark.com.br>> . Acesso em: 15 dez. 2011.

Dados sobre diodo 1N4001 <http://www.fairchildsemi.com/coc/1N/1N4001.pdf>

Electronic Component's Datasheet Search Site. ALLDATASHEET. Disponível em: <<http://www.datasheet.com>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

Electronics Plus Inc. San Rafael, CA, USA. Disponível em: <<http://electronicplus.com>>. Acesso em: 28 nov.2011.

Multilaser tecnologia e Transformação. São Paulo. Disponível em: <<http://www.multilaser.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2011.