

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ Diretoria de
Pesquisa e Pós-Graduação - DIPPG
Coordenadoria de Pesquisa e Estudos Tecnológicos - COPET

RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

GERENCIAMENTO AMBIENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS ELETROELETRÔNICOS: O CASO DE MONITORES DE COMPUTADOR

Aluno(s):

Rodrigo Samico Balter (Eng. Telecomunicações / 4º período) Bolsista CEFET/RJ

Orientadora:

Aline Guimarães Monteiro Trigo, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Agosto / 2013

RESUMO

O crescimento acelerado das demandas da população por novos produtos eletroeletrônicos gera diversos impactos ambientais, muitas vezes difíceis de serem controlados pela velocidade com que acontecem, ainda mais quando a geração de seus resíduos sólidos sofre pela inexistência de programas e projetos municipais e estaduais que viabilizem uma gestão sustentável. Nesse contexto, esta pesquisa vem demonstrar a importância do gerenciamento ambiental de resíduos sólidos gerados por um produto eletroeletrônico, que é o monitor de computador, através da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Diante da preocupação com o descarte adequado dos eletroeletrônicos, é importante que haja a regulação nacional e estadual específica sobre esses resíduos e a distribuição da responsabilidade das partes envolvidas em todo ciclo de vida de um monitor; além disso, uma maior fiscalização por parte dos órgãos governamentais para que seja cumprida a Política Nacional de Resíduos Sólidos, visto que seus impactos ambientais são de grande extensão.

Palavras-chave: Gerenciamento ambiental; Avaliação de Ciclo de Vida, Monitor de computador;

1. INTRODUÇÃO

A forma e a velocidade com que a humanidade vem crescendo, sem se preocupar com os recursos naturais, podem inviabilizar o desenvolvimento econômico de uma nação. Isso acontece quando há um crescimento acelerado das demandas da população, o que leva a um maior volume de resíduos sólidos. Isto é intensificado por atitudes consumistas da sociedade, que vem substituindo, desnecessariamente, objetos que ainda poderiam ser utilizados ou até reaproveitados.

Essa substituição é muito natural com os produtos eletrônicos, pois o mercado se desenvolve muito rápido devido a alta demanda por produtos de alta tecnologia e o governo ainda não criou métodos eficazes para abordar isso. Ainda não existe incentivo suficiente para lidar com os produtos que necessitam ser reciclados.

Portanto, este estudo tem como objetivo geral demonstrar a importância de gerenciar os resíduos sólidos eletroeletrônicos, por meio de uma avaliação do ciclo de vida de produtos que, pós uso, tornam-se resíduos eletroeletrônicos. Os resíduos eletroeletrônicos a serem pesquisados são os monitores de computador.

E como objetivos específicos:

- Identificar os impactos ambientais dos resíduos em estudo.
- Classificar os resíduos de acordo com a norma específica para que tenha uma destinação correta, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
- Levantar as normas e leis existentes relacionadas aos resíduos sólidos eletroeletrônicos.
- Verificar as responsabilidades das partes envolvidas com os resíduos sólidos eletroeletrônicos e as maneiras corretas de descarte dos mesmos.

2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

2.1 Conceito

O crescimento da conscientização quanto à proteção do meio ambiente e dos diversos impactos associados aos produtos e insumos tem criado interesse e gerado investimentos para o desenvolvimento de métodos ecológicos e sustentáveis. Uma das técnicas em desenvolvimento com este propósito é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

ACV é um método utilizado para avaliar o impacto ambiental de um produto durante o seu ciclo de vida. O objetivo dessa avaliação é fazer com que os impactos ambientais gerados por um produto sejam reduzidos, analisando todas as atividades necessárias para fabricar, distribuir, utilizar e dar baixa em um produto (CHEHEBE, 1998).

Esse método, também, é descrito por alguns autores como um instrumento que associa um produto ou conjunto de processos ao seu impacto ambiental, cuja abrangência compreende processos que vão do berço ao túmulo, ou seja, da retirada das matérias-primas elementares na extração (berço) à disposição do produto final após uso (túmulo). Essa concepção de ACV também inclui o processamento da matéria-prima, a manufatura, o transporte, a distribuição, o uso, o reuso, a manutenção e a reciclagem. Isso favorece a identificação das medidas mais adequadas do ponto de vista ambiental e econômico, pois possibilita uma visão abrangente dos diversos impactos provocados ao meio ambiente.

A partir dessa perspectiva, a ACV funciona como uma técnica de apoio ao gerenciamento ambiental e de desenvolvimento sustentável.

2.2 Demanda

Nos últimos anos, o interesse na ACV tem aumentado. Indústrias, especialistas ambientais, governo, associações de consumidores, organizações ambientais e o público em geral têm mostrado interesse em conhecer a qualidade ambiental dos processos de produção e dos produtos.

A ACV está se tornando um instrumento comum nos países da Europa, nos Estados Unidos e Japão. Isso tem feito com que as partes interessadas, criem uma pressão para a redução dos impactos ambientais, não apenas no uso do produto, mas em todas as fases pelas quais esse produto passa (JENSEN, 1997).

Dessa forma, a ferramenta da Avaliação de Ciclo de Vida pode ser de grande utilidade e trazer os seguintes benefícios (LIMA, 2007):

- desenvolvimento de produtos;
- escolha de tecnologias;

- reformulação de produtos ou processo;
- identificar oportunidades de melhorias dos aspectos ambientais de produtos em vários pontos de seu ciclo de vida;
- avaliar a tomada de decisão na indústria, assim como nas organizações governamentais e não governamentais (planejamento estratégico, projeto de produto ou processo);
- selecionar indicadores relevantes da performance ambiental, incluindo técnicas de medição; e
- promover marketing institucional e de produto.

2.3 Etapas da ACV

Os procedimentos da ACV são reconhecidos internacionalmente, sendo bem definidos nas normas de gestão ISO 14040 (2006) e 14044 (2006) e organizados em 4 etapas de acordo com a Figura 1.

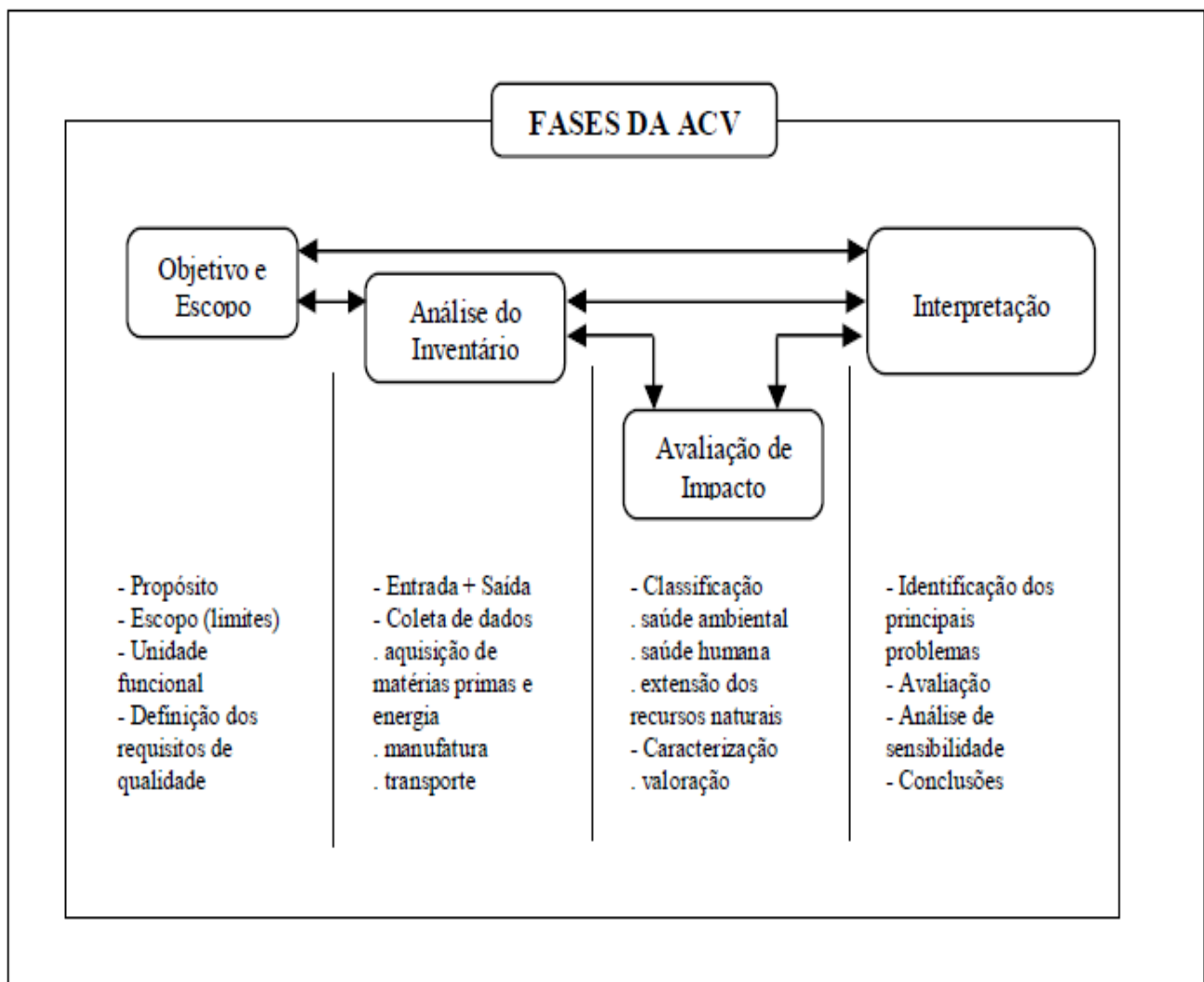


Figura 1 – Etapas/Fases de Avaliação do Ciclo de Vida (CHEHEBE, 1998).

2.3.1 Definição de objetivo e escopo do trabalho

Os objetivos devem ser claramente definidos e consistentes com a aplicação pretendida. A sua definição deve incluir, de forma clara, os propósitos pretendidos e conter todos os aspectos considerados relevantes para direcionar as ações que deverão ser realizadas (CHEHEBE, 1998, p.49).

Assim, nessa primeira parte, é escolhido o limite do sistema, analisando o objeto de estudo e os detalhes da avaliação para potenciais impactos ambientais, bem como suas categorias de classificação.

Como Chehebe já descreveu, o estudo deve ser bem definido, o que assegura alguns pontos fundamentais para uma ACV eficiente, dentre eles a amplitude e o detalhamento. E isso vai se transformando à medida que novas interações na ACV são identificadas ou redefinidas, como os seguintes exemplos de interações:

- Obtenção de Unidade Funcional com a finalidade de ser referência na relação de dados de entrada e saída. Podendo criar comparativos nos resultados.
- Delimitar a Fronteira do Sistema, definindo os processos unitários que serão incluídos no sistema a modelar, ou seja, o nível de detalhe que será estudado;
- Estabelecer a Qualidade dos Dados e sua cobertura temporal, geográfica e tecnológica, evidenciando as características de sua precisão, representatividade, consistência e reprodutibilidade.

Portanto, para definição do âmbito de um estudo de ACV devem ser considerados e claramente descritos os aspectos apresentados.

2.3.2 Análise do inventário

É a fase de coleta e quantificação de todas as variáveis (matéria-prima, energia, transporte, emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos etc.) relacionadas com a análise de vida de um produto ou processo. A condução do inventário é um processo iterativo. A sequência de eventos envolve a checagem de procedimentos de forma a assegurar que os requisitos de qualidade estabelecidos na primeira fase sejam obedecidos (CHEHEBE, 1998, p.49).

Esta etapa envolve a coleta de dados e os procedimentos de cálculo que quantificam tudo que entra e sai da unidade funcional, podendo incluir o uso de recursos e emissões no ar, despejos na água e no solo. Cabe lembrar que as interpretações desses dados, dependem dos objetivos e do escopo definidos. Estes dados também constituem a entrada para a avaliação do impacto do ciclo de vida.

O processo de condução de uma análise do inventário é iterativo. Ou seja, na medida em que os dados são coletados e é conhecido mais sobre o sistema, identificam-se novos requisitos

ou limitações para os dados que requeiram uma mudança nos procedimentos, de forma a cumprir os objetivos do estudo. Às vezes, podem ser identificadas questões que requeiram revisões de objetivo ou do escopo do estudo (Figura 2).



Figura 2 - Etapa de Inventário Série ISO 14040 (EVANS e ROSS, 2006).

2.3.3 Avaliação de Impacto

Representa o entendimento e a avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário do ciclo de vida (CHEHEBE, 1998.p.50)

Na maioria dos casos, este processo funciona como uma associação dos dados de inventário com impactos ambientais específicos na tentativa de compreender e controlar estes impactos. Os resultados dependem diretamente do objetivo e do escopo do estudo, chegando aos pontos desejados em alguns aspectos, como na escolha dos impactos, no nível de detalhe e nas metodologias usadas.

Além disso, quando os objetivos determinados não são alcançados ou o escopo apresenta alguma divergência, essa avaliação pode incluir o processo iterativo de análise crítica, alterando-os conforme necessário. A avaliação de impacto também pode incluir elementos como:

- agrupamento de dados de inventário por categorias de impacto (classificação);
- modelagem dos dados de inventário dentro das categorias de impacto (caracterização); e

- possível agregação dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos (ponderação).

2.3.4 Interpretação de Resultados

Consiste na identificação e análise dos resultados obtidos nas fases de inventário e/ou avaliação de impacto de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos pelo estudo. Os resultados desta fase podem tomar a forma de conclusões e recomendações aos tomadores de decisão (CHEHEBE, 1998, p.51).

A interpretação dos resultados é a análise das principais contribuições do processo, seja no consumo de energia e materiais e na geração de impactos ambientais. Nesta etapa é avaliado se objetivos e metas foram alcançados. As conclusões e recomendações são sintetizadas e os recortes são definidos, avaliando-se a necessidade ou não de uma revisão crítica do processo.

2.4 Padronização dos procedimentos

A ACV foi regulada por normas internacionais em 1997 no seguinte padrão:

- ISO 14040: Princípios e Estrutura
- ISO 14041: Definições de escopo e análise do inventário
- ISO 14042: Avaliação do impacto do ciclo de vida
- ISO 14043: Interpretação do ciclo de vida

O Quadro 1 faz um levantamento atualizado de todas as normas ISO da série 14000 relativas ao tema Avaliação do Ciclo de Vida.

Em 2006, as normas de ISO 14040, 14041, 14042 e 14043 foram compiladas nas normas ISO 14040 (2006) e 14044 (2006):

- ISO 14040: *Life Cycle Assessment, Principles and Framework* (2006) - Avaliação do Ciclo de Vida, Princípios e Estrutura.
- ISO 14044: *Life Cycle Assessment, Requirements and Guidelines* (2006) - Avaliação do Ciclo de Vida, Requisitos e Orientações.

No ano de 2009, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou as versões em português das referidas normas.

Quadro 1 - Normas ISO 14000 de Avaliação de Ciclo de Vida

No da Norma:ano	Título	Descrição
ISO 14040: 2006	Avaliação do ciclo de vida — princípios e estruturas	Proporciona os elementos gerais e metodologias requeridas para uma ACV de produtos e serviços.
ISO 14041:1998	Avaliação do ciclo de vida — objetivos e escopo, definições e análise de inventários	Guia para determinar as metas e o escopo de um estudo de ACV e para o inventário de LCA. Substituída pela ISO 14044:2006
ISO 14042:2000	Avaliação do ciclo de vida — avaliação de impacto do ciclo de vida	Guia para a fase de avaliação de impacto de um estudo de ACV. Substituída pela ISO 14044:2006
ISO 14043:2000	Avaliação do ciclo de vida — interpretação do ciclo de vida	Proporciona guia para interpretar os resultados de um estudo de ACV. Substituída pela ISO 14044:2006
ISO 14044: 2006	Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – requerimentos e diretrizes	Especifica requisitos e proporciona um guia para a avaliação do ciclo de vida, incluindo exemplos. Incorpora os temas tratados nas normas ISO 14041, 14042 e 14043.
ISO TS 14048:2002	Avaliação do ciclo de vida - informações sobre apresentação de dados para um estudo de avaliação do ciclo de vida	Proporciona informação sobre o formato dos dados para suporte de uma ACV.
ISO TR 14049:2000	Avaliação do ciclo de vida – Exemplos para aplicação da norma ISO 14.041	Ilustra com exemplos como aplicar as normas ISO 14041.
ISO TR 14062:2002	Gestão ambiental - Integração dos aspectos ambientais no desenvolvimento de produtos — exigências e diretrizes	Descreve conceitos e práticas usadas para integrar aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos e serviços.
ISO TR 14047:2003	Avaliação do ciclo de vida – Exemplos para aplicação da norma ISO 14.042	Ilustra com exemplos como aplicar a norma ISO 14042.

Fonte: Barbieri e Cajazeira (2009)

3 RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

3.1 Caracterização

Com o elevado uso de equipamentos eletroeletrônicos no mundo, os resíduos eletroeletrônicos têm se tornado um grande problema ambiental quando não descartado em locais adequados.

Contudo, para entendê-los melhor, cabe identificar na Política Nacional dos Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010, capítulo III art.3º inciso XVI – a definição de resíduos sólidos, como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento

na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

O resíduo eletroeletrônico, também denominado de lixo eletrônico ou e-lixo (*e-waste* em inglês), é todo resíduo ou material descartado ou obsoleto proveniente de equipamentos eletroeletrônicos. Apenas chegam a esse ponto (de resíduo), uma vez esgotadas todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso (ABDI, 2012).

Os equipamentos eletroeletrônicos, que são todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos. Podemos distribuir os equipamentos em quatro categorias, segundo relatório da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2012) sobre Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos:

- Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
- Linha Marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;
- Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;
- Linha Verde: computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

Os resíduos classificados como lixo eletrônico podem ter a composição bastante variada, contendo polímeros, cerâmicas e metais (Quadro 2). A quantidade de metais, em especial o cobre, torna essas sucatas uma matéria-prima muito rica do ponto de vista econômico. Os televisores de telas planas, por exemplo, contêm ouro, platina, índio e rutênio, que são compostos de alto valor no mercado. O índio, antes vendido a 70 dólares, atualmente encontra-se a 725 dólares o quilo (DOYLE, 2007).

Contudo, alguns componentes são mais críticos em questões ambientais, por exemplo, o chumbo instiga estudos para sua reciclagem e reaproveitamento, visto que é um metal pesado que causa danos graves a um ecossistema se indevidamente disposto (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição de uma tonelada de sucata eletroeletrônica mista

Componente	Porcentagem (%)
Ferro	Entre 35 e 40
Cobre	17
Fibras e plásticos	15
Alumínio	7
Papel e embalagem	5
Zinco	Entre 4 e 5

Resíduos não recicláveis	Entre 3 e 5
Chumbo	Entre 2 e 3
Ouro	0,0002 a 0,0003
Prata	0,0003 a 0,001
Platina	0,00003 a 0,00007

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2007) e Meius Engenharia Ltda (2009).

Além disso, um único monitor colorido de computador ou televisor pode conter até três quilos e meio de chumbo. Nos Estados Unidos, país para o qual as estatísticas são mais precisas, especialistas estimam que 12 toneladas do lixo eletrônico cheguem anualmente aos aterros sanitários. Além do chumbo, ele pode conter uma imensa quantidade de outros componentes tóxicos como: o mercúrio, cádmio, arsênico, cobalto e muitos outros (ISWA, 2009).

3.2 Classificação de Resíduos

A partir da classificação estabelecida pela Norma NBR 10.004/2004, o gerador de um resíduo pode facilmente identificar o potencial risco do mesmo, bem como levantar as melhores alternativas para destinação final e/ou reciclagem do resíduo. Logo, os resíduos podem:

- Resíduos Classe I - Perigosos;
- Resíduos Classe II – Não perigosos;
- Resíduos Classe II A – Não inertes;
- Resíduos Classe II B – Inertes.

Os Resíduos Classe I – Perigosos incluem resíduos sólidos que apresentam periculosidade, ou seja, oferecem risco à saúde pública e ao meio ambiente, ou uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Estes resíduos provocam ou contribuem para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentam efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Exemplos de resíduos classe I – Perigosos (NBR 10.004, 2004):

- Óleo lubrificante usado ou contaminado;
- Óleo de corte e usinagem usado;
- Equipamentos descartados contaminados com óleo;
- Lodos de galvanoplastia;
- Lodos gerados no tratamento de efluentes líquidos de pintura industrial;
- Efluentes líquidos ou resíduos originados do processo de preservação da madeira;
- Acumuladores elétricos a base de chumbo (baterias);
- Lâmpada com vapor de mercúrio após o uso (fluorescentes).

Os resíduos eletroeletrônicos que contêm em sua composição metais pesados oferecem risco à saúde e ao meio ambiente, e por isso, são classificados como de Classe I – Perigosos.

Os Resíduos Classe II A – Não inertes são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Apresentam as propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Exemplos de resíduos classe II A - Não inertes (NBR 10.004, 2004):

- O lixo comum gerado em qualquer unidade industrial (proveniente de restaurantes, escritórios, banheiros etc.) é normalmente classificado assim.

Os Resíduos Classe II B – Inertes, nos termos desta Norma, são aqueles que não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrado de forma representativa (segundo a norma NBR 10007), e submetidos ao teste de solubilização (conforme a Norma NBR 10006 - "Solubilização de Resíduos - Procedimento") não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões definidos na Listagem 8 - "Padrões para o Teste de Solubilização". Exemplos de resíduos classe II B – Inertes (NBR 10.004, 2004):

- Rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são facilmente decompostos.

3.3 Os resíduos eletroeletrônicos no mundo

A preocupação com os resíduos eletroeletrônicos é mundial. Países como Estados Unidos e China têm feito políticas públicas que controlam o uso de determinadas substâncias, geralmente não renováveis, porque uma vez que o processo de criação e o descarte final são mal gerenciados o impacto potencial pode ser agravado (DOYLE, 2007).

Nesse contexto, segundo cálculos da ONU, são descartados anualmente 50 milhões de toneladas o lixo tecnológico no mundo. No exemplo do Brasil, são comercializados em média mais de 12 milhões de computadores anualmente, e mais de 1 milhão são descartados. Segundo a Anatel, em 2008, foram vendidos 11 milhões de televisores e atualmente 97,96% dos brasileiros possuem telefone móvel (IBGE, 2012)

Esses aparelhos têm vida média de três a cinco anos e em muitos casos são descartados sem qualquer cautela. Os metais neles empregados são tóxicos e algumas pessoas possuem mais de um, além disso precisam em média de 500 anos para serem absorvidos pela natureza (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2010).

Por outro lado, algumas empresas, tais como a Nokia, Siemens e a HP, têm tomado iniciativas importantes para minimizar os impactos dos resíduos eletroeletrônicos. A Nokia há mais de 2 anos desenvolve programas socioambientais pelos quais procura informar o consumidor do destino correto que deve dar à bateria do seu celular ao ser inutilizado. Suas baterias podem ser entregues em seus próprios postos de coletas. A empresa declara que após coleta, as baterias são enviadas para destinos corretos de aproveitamento de seus componentes. Por sua vez, a Siemens e a HP possuem sistemas de gestão ambiental focados no desenvolvimento sustentável e no reaproveitamento de seu próprio resíduo (COMPUTERWORLD, 2004).

Além disso, existem outras formas de tratamento dos resíduos eletroeletrônicos, como, por exemplo, as empresas que se especializam em reaproveitamento. Estas empresas compram materiais eletrônicos descartados por um baixo valor, fazendo os reparos necessários para que voltem a funcionar quando ainda têm interesse no uso do aparelho. Quando isso não é possível, desmontam e reaproveitam suas sucatas, que ainda possuem algum valor. Segundo dados da CEMPRE (2010), existem hoje no Brasil, 29 recicladoras de resíduos eletroeletrônicos no Brasil: 1 Rio Grande do Sul, 2 no Paraná, 4 em Santa Catarina e as demais em São Paulo, especializadas em materiais específicos como lâmpadas, produtos eletroeletrônicos (celulares, eletrodomésticos, impressoras, etc), pilhas e baterias.

Diante deste cenário, esforços no sentido de minimização dos impactos causados pelos resíduos sólidos e especialmente os eletroeletrônicos têm sido realizados também pelo poder público, o que resultou na recente Política Nacional de Resíduos Sólidos.

3.4. A Política Nacional de Resíduos Sólidos e sua regulamentação

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, criada pela Lei nº 12.305, de 2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 2010, reúne princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos. Possui fatores importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, e tem como um dos seus principais instrumentos, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Baseando-se nos princípios ambientais que se seguem, a PNRS visa alcançar, a partir de um sistema integrado de gestão entre cidades brasileiras, a qualidade ambiental e o bem-estar humano.

- A não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos;
- Destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- Diminuição do uso dos recursos naturais (água e energia, por exemplo) no processo de produção de novos produtos;
- Intensificação de ações de educação ambiental;
- Aumento da reciclagem no país;

- Promoção da inclusão social;
- Geração de emprego e renda para catadores de materiais recicláveis.

Destaca-se na lei, a “responsabilidade compartilhada” entre governo, indústria, comércio e consumidor final no gerenciamento dos resíduos sólidos. A nova lei também menciona a “logística reversa”, que obriga fabricantes, importadores, distribuidores e vendedores a terem uma conscientização maior, criando mecanismos para recolhimento das embalagens após o uso.

O reaproveitamento de produtos não é uma novidade nos dias atuais. Reciclagem, reuso, desmanche e remanufatura no retorno de papéis, metais, plásticos, mesmo os eletrônicos e eletrodomésticos, são processos já realizados. O aumento da preocupação com o meio ambiente vem criando importância na reutilização dos materiais e conseqüentemente a formação de um ciclo que parte do consumidor e chega novamente no fornecedor. O gerenciamento desse caminho inverso dos materiais, comparado ao fluxo direto da cadeia de suprimentos, é chamado de logística reversa (STOCK, 1998, p. 31).

A logística reversa faz retornar ao setor empresarial os resíduos de seus negócios e empreendimentos, para reaproveitamento ou destinação final adequada. Esta medida otimiza os esforços de reaproveitar, reusar e reduzir resíduos, obrigando os fabricantes a ter mais conhecimento sobre o produto e de seu processo produtivo. Desenvolvendo estratégias para seu desmonte e reaproveitamento. Além disso, os consumidores finais também devem fazer a sua parte. Eles devem seguir as regras estabelecidas para a coleta seletiva, com a segregação prévia dos resíduos, sempre da forma que dispuser os titulares do serviço público de limpeza urbana. Também, fica obrigado o consumidor, a acondicionar corretamente os resíduos contemplados pelo sistema de logística reversa, estabelecido pelos fabricantes em acordos setoriais, em associação ou com o poder público (REVERSE LOGISTICS EXECUTIVE COUNCIL, 2007). A figura 3 apresenta as partes envolvidas com a logística reversa.

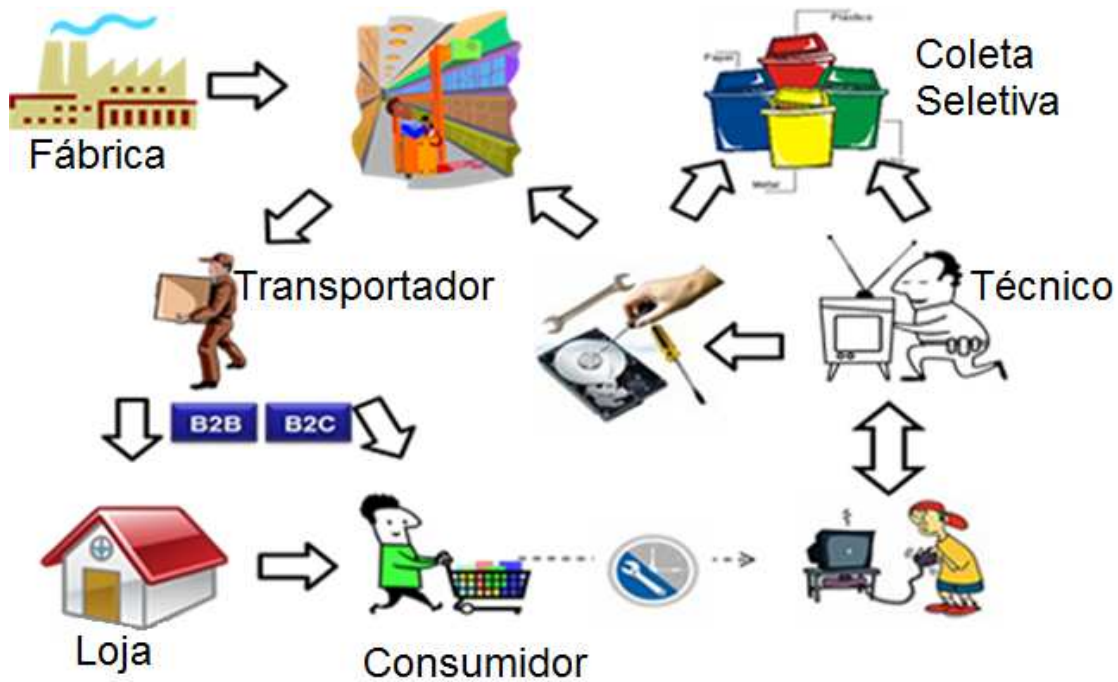


Figura 3 – As partes envolvidas na Logística Reversa (COOPERATIVA CRESCER, 2011)

3.4.1 Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

A elaboração de um programa de gerenciamento integrado de resíduos sólidos vem apoiar a organização (instituição de ensino) no seu processo de desenvolvimento, contribuindo, assim, na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

Segundo a PNRS (art. 21, parágrafos I a IX, 2010), o gerenciamento de resíduos sólidos o qual uma organização se sujeita deve possuir um conteúdo mínimo:

- I - descrição do empreendimento ou atividade;
- II - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados;
- III - observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa e, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:
 - a) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos;
 - b) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador;
- IV - identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;
- V - ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes;
- VI - metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, à reutilização e reciclagem;
- VII - se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do art. 31;

VIII - medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos;

IX - periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do Sisnama.

Observa-se, portanto, um rol de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento dos diferentes órgãos da administração pública e privada no âmbito das ações de limpeza urbana, bem como em articulá-las com as demais políticas públicas e privadas setoriais que possam estar relacionadas à questão dos resíduos, sejam elas na área social, ambiental, saúde (FIEC, 2010).

Cabe às instituições de ensino, identificar ações de caráter institucional, operacional, financeiro, social, educacional e ambiental associadas à geração e à destinação final dos resíduos originários nas atividades acadêmicas.

Espera-se, portanto, um novo modelo de gestão integrada que exerça uma ação política orientada por uma linha de ação estratégica de sustentabilidade, que conte com a participação social efetiva em reuniões/ debates, junto com câmaras setoriais de resíduos, sindicatos, ONGs e outros órgãos preocupados e engajados, contribuindo para o fortalecimento da integração da ciência e da tecnologia marcante nos dias atuais.

3.4.2 Tratados Internacionais

As normas internacionais relativas à temática desse estudo têm sua importância, pois buscam a disciplina, a conscientização, não só do empresariado, mas também da população, criando leis e regras que impõe as formas corretas de agir conservando o meio ambiente.

Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito

A Convenção de Basileia é um tratado internacional firmado em 1989, criado com o objetivo de fiscalizar o tráfico de resíduos perigosos no mundo que é uma preocupação desde os anos 80, quando ocorreu o grande estouro dos eletroeletrônicos e o envio para países em desenvolvimento de peças que não podiam mais ser utilizadas (WEBRESOL, 2013).

Faz parte dessa convenção, promover o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos perigosos nos países, para que com isto possa ser reduzida a sua movimentação. Nesse sentido são votadas decisões sobre a necessidade de serem elaborados guias de gerenciamento ambientalmente adequados de resíduos e que representantes dos países se apresentem voluntariamente e gratuitamente para elaborá-los (MMA, 2008).

Alguns países se organizaram de forma diferente quanto à convenção, os da União Europeia (UE), por exemplo, aprovaram leis que seguem alguns pontos da Convenção de Basileia

e proíbe os casos de exportação de lixo perigoso para países em desenvolvimento. A UE ainda prepara regras que incluem a responsabilização das empresas pelo ciclo de seu produto. Com isso, não apenas os 25 países, que participam da União Européia, lidam com as medidas privadas, mas também os que vendem para esses países deverão ser responsabilizados, caso o acordo não seja cumprido (WEBRESOL, 2013).

Nos Estados Unidos, a maior preocupação esteve voltada aos custos que a adaptação à reciclagem teria, o que talvez demandasse um custo alto e por isso foram os únicos a não ratificar a Convenção de Brasília. No entanto, tornaram-se voto vencido e terão que encontrar modos de adaptação às novas regras de envio de lixo eletrônico (WEBRESOL, 2013).

A Convenção de Estocolmo ou Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes

É um tratado internacional assinado em 2001, em Estocolmo, Suécia, que foi recepcionado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Foi elaborado para eliminar globalmente a produção e o uso de algumas das substâncias tóxicas produzidas pelo homem, conhecidas como poluentes orgânicos persistentes (POPs). A Convenção determina que, em relação a uma dúzia de compostos, é preciso empreender ações de forma prioritária, incluindo substâncias químicas produzidas internacionalmente, tais como pesticidas, bifenilpoliclorados (PCBs); dioxinas e furanos.

A Convenção de Estocolmo foi assinada por 151 países; contudo, 34 países não assinaram. Para a ratificação da Convenção, é necessário que 50 países assinem; 90 dias depois começa a aplicação de políticas de eliminação desses compostos. Em maio de 2004, entrou em vigor no Brasil com força de lei internacional a Convenção de Estocolmo (WEBRESOL, 2013).

Lista Europeia de Resíduos Sólidos

Inspirada na Lista Europeia de Resíduos Sólidos (Commission Decision 2000/532/EC), o IBAMA publicou a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos (Instrução Normativa Ibama nº 13, de 18 de dezembro de 2012), que padroniza a linguagem e as terminologias usadas no país para a declaração dos materiais descartados. Tal medida foi considerada necessária desde a publicação da PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos, o que facilita a troca de informações a respeito da exportação, da importação e do trânsito de resíduos sólidos, que contêm elementos perigosos (WEBRESOL, 2013).

Agenda 21 Global – Capítulo 20 – Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos perigosos. Incluindo a prevenção do tráfico internacional ilícito de resíduos perigosos

A prevenção da geração de resíduos perigosos e a reabilitação dos locais contaminados são os elementos importantes neste documento, e para tal, exige-se daqueles que venham a adotar em sua organização conhecimentos, pessoal qualificado, instalações, recursos financeiros e capacidades técnicas e científicas.

Atualmente, existe uma preocupação internacional pelo fato de que parte do movimento internacional dos resíduos perigosos está sendo feito em transgressão à legislação nacional e aos instrumentos internacionais existentes, havendo prejuízo ao meio ambiente e a saúde pública de todos os países, especialmente dos países em desenvolvimento.

O objetivo geral deste documento é impedir, tanto quanto possível, e reduzir ao mínimo a produção de resíduos perigosos e submeter esses resíduos a um manejo que impeça e provoque danos ao meio ambiente. Consideram-se as seguintes metas presentes no capítulo 20 da Agenda 21:

- (a) Prevenir ou reduzir ao mínimo a produção de resíduos perigosos como parte de uma abordagem geral integrada de tecnologias limpas; depositar ou reduzir os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos até um mínimo (...)
- (b) A ratificação da Convenção de Basileia sobre o Controle dos Movimentos Transfronteiriços dos Resíduos Perigosos e seu depósito e a rápida elaboração dos protocolos correspondentes (...)
- (c) A ratificação e plena implementação, pelos países envolvidos, da Convenção de Bamaco sobre a Proibição da Importação para a África e Controle dos Movimentos Transfronteiriços dentro da África de Resíduos Perigosos
- (d) Depósito da exportação de resíduos perigosos para países que, individualmente ou por meio de acordos internacionais, proibam a importação desses resíduos (...) (MMA, 2012, p. 12).

4 ESTUDO DOS MONITORES DE COMPUTADOR¹

Os monitores só começaram a ser usados em larga escala a partir do final da década de 70, mas, assim como outros dispositivos, tiveram uma evolução tecnológica bastante considerável. Atualmente, existem basicamente quatro tecnologias de monitores: CRT, LCD, LED e Plasma.

- CRT

CRT: *Catodic Ray Tube*, ou, Monitor de Raio Catódico. Foi o principal monitor em uso há alguns anos. Ele possui sua tela com base num tubo e forma a imagem por um canhão de elétrons, que fica na parte de trás do tubo de imagem e atua nas células de fósforo, recobrando a tela. Assim elas se iluminam em diferentes intensidades.

¹ Este subcapítulo foi gerado a partir de EPA (2010).

Das suas características principais, muitas vezes usadas como critério na hora da compra, podem ser citados: o valor monetário, a vida útil longa, boa diversidade de cores e contrastes, e o funcionamento em várias resoluções sem distorções na imagem. Contudo, como aspectos negativos é necessário levar em consideração o gasto energético, as suas grandes dimensões de profundidade e peso.

No interior do monitor CRT, encontra-se o tubo de imagem, que é bastante frágil e a sua ruptura é perigosa, porque pode liberar estilhaços de vidro capazes de ferir quem estiver próximo. Além disso, o tubo liberaria o pó fosfórico que fica armazenado em seu interior, diretamente no ar, podendo provocar grave intoxicação se inalado e contaminaria o solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição físico-química dos monitores CRT

Material	Porcentagem do peso (%)
Placa marrom	13,7
Bobina defletora	4,7
Alumínio	0,8
Ferro	3,6
Plástico	18
Cinescópio (CRT)	57,7
Fiação	1

Fonte: Meius Engenharia Ltda (2008)

Outro fator importante é que o monitor chega a conter 25% do seu peso em chumbo, metal altamente perigoso. Por isso, a Norma ABNT-NBR 10004/04 considera esse monitor ou televisor pós-uso na Classe I (Perigosos). Em alguns casos, devido ao alto teor de chumbo e metais contaminantes presentes na estrutura, alguns produtos têm a sua destinação regulamentada textualmente, conforme Resolução CONAMA n°257/1999 .

No mundo, alguns países têm um controle rígido sobre a reciclagem e apresentam legislação específica para monitores, como EUA e muitos outros da União Europeia. No Brasil, a legislação exige a identificação dos aparelhos para tratamento e destinação ambientalmente corretas e determina que resíduos tóxicos não possam ser descartados em aterros sanitários. Contudo, não é o que acontece, onde milhares de aparelhos são descartados sem tratamento, muitas vezes queimados ou abandonados. Por estes motivos, este tipo de monitor caiu em desuso.

- LCD

LCD: *Liquid Cristal Display*, ou Tela de Cristal Líquido. É mais moderno que o monitor CRT, possui a tela composta por cristais polarizados que geram cores.

Ele acaba com algumas antigas limitações, apresentando dimensões bem reduzidas e consumindo pouca energia. Esse monitor tem a capacidade de formar imagens com ótima qualidade, estabilidade e sem cintilação, não exigindo que o usuário force muito a visão.

Além disso, muitos notebooks possuem o sistema de iluminação do monitor LCD, que permite que sejam utilizados em qualquer ambiente, para melhor locomoção e adaptação, evidentemente. Outro fato não muito conhecido, mas de relevante importância, é que se o cristal líquido da tela do monitor for danificado e ficar exposto ao ar, pode emitir compostos tóxicos.

- OLED

OLED: *Organic Light-Emitting Diode* ou Diodo Orgânico Emissor de Luz. É um monitor que utiliza diodos orgânicos, compostos por moléculas de carbono que emitem luz ao receberem uma carga elétrica. A tela tem diversos pontos que são compostos com uma pequena quantidade do material, e depois de receber os filamentos e outros componentes necessários, se comportam como um pequeno LED, emitindo luz.

Essa tecnologia pode possuir telas planas muito mais finas, leves e baratas que as atuais de LCD. Outro ponto importante é que a iluminação da tela é mais uniforme do que nos monitores de LCD e existe também um pequeno ganho na nitidez das cores, porque os LEDs usados emitem luz quase que perfeitamente branca.

- Plasma

As telas de Plasma têm algumas semelhanças com as de LCD, e apareceram juntas no mercado. A principal diferença está justamente nas células, ao invés de cristais líquidos, os monitores de plasma são formados por estruturas com o mesmo princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes. De certa forma, pode-se dizer que num monitor de plasma a imagem é formada por alguns milhões de minúsculas lâmpadas fluorescentes verdes, azuis e vermelhas.

Assim, os monitores de Plasma conseguem ter diversos pontos iluminados de maneira individual, fazendo com que a tela consiga excelentes níveis de brilho e nitidez, mesmo quando visualizada em posições mais distantes do aparelho.

4.1 Histórico

O mercado brasileiro de televisores tem crescido muito ao longo do tempo. Em 2006, a produção de televisores CRT chegou a 12.626 milhões de unidades, as de plasma tiveram um

aumento superior a 540% em sua produção, chegando a pouco mais de 193 mil unidades e os televisores de LCD cresceram sua produção em 1.700%, chegando a 188 mil (SUFRAMA, 2007).

Segundo dados da PNAD (Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios), em 2011, 59,4 milhões de domicílios tinham televisão, ou seja, 96,9% dos lares tinham TV, frente aos 85% do ano de 2000. Na comparação com 2009, a quantidade de lares com televisão cresceu 6,1% (Tabela 3).

Tabela 3 - Porcentagem e número de domicílios com TV no Brasil ao longo dos últimos anos.

%	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
TVs	89,0	89,9	90,0	90,2	91,3	92,9	94,3	95,1	95,6	95,0	96,9
Domicílios*	46.895	47.985	49.675	51.601	52.868	54.202	55.756	57.557	58.566	57.324	61.292

*milhares de domicílios

Notas: 1) Até 2003, não incluía população da área rural de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá. 2) O período de 2010 foi retirado do Censo 2010. 3) 2001-2009/2011 foi reponderado pela revisão 2008 das projeções populacionais, incluindo a tendência 2000-2010.

Fonte: IBGE (2012)

Foram mais de 900 milhões de aparelhos nos últimos 40 anos e que se mantêm em constante transformação, fazendo com que o número de produção/venda continue alto (IBGE, 2012).

4.2. Impactos ambientais dos eletroeletrônicos

Por serem tóxicos, os elementos/ componentes utilizados na fabricação dos eletroeletrônicos (chumbo, mercúrio, cádmio, berílio) causam envenenamento, e dificilmente um médico identifica o que causou a doença para que os pacientes sejam tratados, a não ser que o problema ocorra com certa frequência em uma determinada região (Quadro 2). A contaminação por estes elementos acontece principalmente pelo contato direto, no caso de pessoas que manipulam diretamente os componentes perigosos dos eletrônicos. Esse é um dos motivos para existir grande preocupação com o descarte direto; isso pode ser bem perigoso para catadores de lixo, por exemplo (OSSAMU, 2007).

Quadro 2 – Elementos/ componentes tóxicos presentes nos Eletroeletrônicos

Metais	Problemas	Onde é usado
Chumbo	Causa danos ao sistema nervoso e sanguíneo	Computador, celular, televisão.
Mercúrio	Causa danos cerebrais e ao fígado.	Computador, monitor e TV de tela plana.
Cádmio	Causa envenenamento,	Computador, monitores de

	danos aos ossos, rins e pulmões	tubo antigos, baterias de laptops.
Belírio	Causa câncer no pulmão	Computador, celular
Retardantes de Chamas	Causam desordens hormonais, nervosas e reprodutivas	Diversos componentes eletrônicos, para prevenir incêndios

Fontes: Greenpeace (2006) e Meius Engenharia Ltda (2009)

Para entender melhor o impacto ambiental dos eletroeletrônicos, alguns números podem ser ressaltados.

- Os maiores impactos no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos ocorrem na etapa de extração de materiais, com cerca de 45% de demanda por energia (ONS, 2013).
- Na produção de um único micro chip de 2.7 cm² de 2 g de peso, consome-se aproximadamente 32 litros de água, 1,6 litro de combustíveis fósseis e 41 MJ de energia (WILLIAMS, 2002).
- Os telefones celulares, por exemplo, são produzidos aos milhares e se caracterizam por um ciclo de vida curto, multiplicando-se assim os impactos ambientais (GÜNTHER et al , 2006).
- As pessoas estão trocando de monitor em tempo menor que a vida média dos aparelhos, mesmo que estejam em perfeito estado (GÜNTHER et al ,2006).
- No processo de fabricação, o monitor CRT contribui para o aquecimento global com a liberação de CO₂ devido ao elevado consumo de combustível para fabricação do vidro (SOCOLOF, 2005).
- O impacto para o aquecimento global na fabricação de LCD é maior que na produção de CRT, não pela utilização de energia, mas pela liberação de hexafluoreto de enxofre na atmosfera. Esse gás tem um potencial de aquecimento global 23.900 vezes mais que o CO₂ (SOCOLOF, 2005).

No geral, o tempo de vida média dos monitores CRT e LCD é de 6,5 anos. Monitores de LCD consomem em média 1/3 a menos de potência do que um monitor CRT de mesma polegada, o que resulta em menor aquecimento. Esta questão pode ser pouco relevante para uma residência, porém para empresas que utilizam muitos monitores, se a tecnologia utilizada for a LCD, certamente haverá redução no consumo de energia pelo uso deste tipo de monitor e também, redução no consumo de utilização de ar condicionado, o que pode significar uma grande economia de energia (BERKWITZ, 2005).

4.3. Descarte adequado dos eletroeletrônicos

Com o crescimento da demanda por monitores LCD de baixo custo no mercado, os monitores CRT entraram cada vez mais em desuso e, ainda hoje, mesmo com as pessoas mais

informadas quanto aos impactos ambientais, existem inúmeros casos de monitores descartados de maneira incorreta. No entanto, existem diversos modos de descartar qualquer tipo de monitor da forma correta, dentre eles:

- 1- Reciclagem e reutilização. É sempre bom manter atenção para as unidades de reciclagem existentes na cidade. Muitas reservam um dia ou um fim de semana para coleta por região de moradores. Algumas lojas também ocasionalmente recolhem computadores antigos, monitores e periféricos do público para a reciclagem. Além disso, alguns sites identificam pelo CEP quais os postos mais próximos da residência, dependendo do tipo de material a ser descartado (por exemplo, <http://ecycle.com.br>). No Brasil, são 94 recicladoras de resíduos sólidos eletroeletrônicos, sendo 3 no Rio de Janeiro (Essencis, Gerdau e Ultrapolo). Através da reciclagem, os REEE são convertidos a matéria prima não-virgem que poderá ser reinserida no processo produtivo, diminuindo, assim, a demanda por extração de nova matéria-prima (ABDI, 2012).
- 2- Contato com o fabricante. Muitas vezes o fabricante pode ter um programa de reciclagem. Empresas grandes de componentes de computador fazem de graça ou por uma pequena taxa. Isso pode ser verificado no site do fabricante ou ligando para empresa. Por exemplo, o site da AOC – grande empresa de monitores – informa um email e número de telefone pelo qual é possível obter informações sobre o descarte (AOC, 2013)
- 3- Inserir um anúncio de venda em sites ou meios de comunicação. A demanda, às vezes, é bem maior do que a expectativa, mesmo para um velho monitor CRT.
- 4- Caso haja uma quantidade grande de monitores, pode-se fazer um contato com serviço de “salvamento” de computador. Esse tipo de serviço aceita componentes antigos e reaproveita alguns dos materiais. A Fábrica Verde no bairro da Rocinha (RJ) é um exemplo desse serviço. Além disso, é possível conseguir algum dinheiro, pois algumas empresas procuram lucro sobre a pequena quantidade de metais nobres existentes no interior de um computador.

Ao contrário do descarte, empresas vêm desenvolvendo uma geração de computadores “verdes”, como a Apple (TECMUNDO, 2009), conhecidos como “PC Verde”. Essa geração segue padrões de baixo consumo de energia, com matéria-prima isenta de alguns componentes nocivos à saúde e são facilmente recicláveis. Esse é um dos focos mais atuais de grandes empresas, que buscam, por meio de seu marketing, uma boa aceitação do público. Contudo, para que isso aconteça, alguns pontos são importantes, como o trabalho de ONGs que lidam com questões ambientais, como Greenpeace. Essa ONG criou um ranking contendo vários pré-requisitos para as empresas serem consideradas “verdes”, ou seja, empresas que adotam medidas para a

preservação do meio ambiente em sua linha de produção, de venda e reciclagem. Apesar do esforço, a Apple ainda está em uma posição ruim (de zero a 10, tem a pontuação de 4,8), porém pode melhorar se mantiver como foco produtos que não agridem tanto a natureza.

4.4. Leis ambientais brasileiras sobre resíduos eletroeletrônicos

No Brasil, a coleta, transporte e disposição de resíduos sólidos eletroeletrônicos, considerados perigosos (Classe I), são objeto de regulação específica, observada na resolução CONAMA nº 257/ 1999. Contudo, nem todos os estados dispõem de mecanismos de comando e controle para que a gestão desse processo seja feita de forma eficiente. A resolução CONAMA nº 257/ 1999 estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada. Esta última resolução foi revogada pela CONAMA nº 401/ 2008, que estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio, mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional, e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado.

Além disso, nem todos os estados elaboraram seus inventários de resíduos sólidos industriais no contexto do inventário nacional decidido há pelo menos uma década (Resolução CONAMA nº 313/ 2002, que dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais).

Destaca-se a Política Estadual de São Paulo de Resíduos Sólidos, na qual a Secretaria do Meio Ambiente, por meio da Resolução SMA nº 38/2011, estabeleceu uma lista de produtos (como por exemplo, pilhas e baterias portáteis, aparelhos de telefonia móvel, baterias automotivas, etc.) que geram resíduos de significativo impacto ambiental após consumidos. Assim, os fabricantes e importadores desses produtos deveriam apresentar proposta de implantação de responsabilidade pós-consumo para fins de recolhimento, tratamento e destinação final dos resíduos, indicando ações e metas concretas para sua viabilização.

No Rio de Janeiro, identificam-se as seguintes leis:

- lei nº 2011/ 1992, que dispõe sobre a obrigatoriedade de programa de redução de resíduos.
- lei nº 3007/ 1998, que dispõe sobre o tratamento, armazenamento e queima de resíduos tóxicos no Estado do Rio de Janeiro.
- lei nº 3606/ 2001, que institui a obrigatoriedade de empresas fabricantes de disquetes recolham os mesmos quando inutilizados, dando destinação final adequada.

4.5. Logística Reversa para Resíduos Eletroeletrônicos (Responsabilidade compartilhada)

Depois de 20 anos de discussões e modificações, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi enfim aprovada e normatizada em 2010, tornando-se possível estruturar um conjunto

de obrigações legais que irão formar juridicamente a Logística Reversa no Brasil. Esse mecanismo de Logística Reversa tem grande importância, porque levará pequenas modificações no perfil da responsabilidade ambiental relativa aos resíduos produzidos e, além disso, essa nova feição tem sido uma das maiores esperanças para uma correta e eficiente gestão dos resíduos eletroeletrônicos.

Existem alguns pontos importantes da PNRS que mostram a sua relevância, dentre eles a Responsabilidade Compartilhada (art. 30 da PNRS), que gera uma cadeia de responsabilidade diferenciada com uma gestão integrada de resíduos eletroeletrônicos. Pelo art. 3º, inc. XI, da PNRS, esse moderno conceito de gestão integrada de resíduos sólidos prevê um conjunto de ações voltadas à busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Ou seja, esse conjunto de soluções integradas necessita da responsabilidade compartilhada para ser efetivo.

Sendo assim, na nova estrutura todos os indivíduos têm responsabilidades específicas e igualmente relevantes. Não basta os produtores/fabricantes de eletroeletrônicos criarem uma rede de logística reversa eficiente se os consumidores não dispuserem seus resíduos nos locais apropriados. Assim, a PNRS não ignora a importância de um bom planejamento e, por isso, prevê uma série de Planos Setoriais de Resíduos. A ideia básica desse sistema de planejamento setorial é formar uma rede harmônica e articulada de gestão de resíduos em todo o território brasileiro. Com isso, pode-se colocar em prática previsões legais da gestão integrada dos resíduos, e, conseqüentemente, das responsabilidades diferenciadas de cada interveniente (Produtor/Fabricante; Comerciante e Consumidor).

Para que ocorra a adequação dos empreendimentos à nova Lei, os contratos com fornecedores e clientes precisarão ser revistos, com compartilhamento dessas responsabilidades. Com certeza, a preocupação com as soluções sócio-ambientais estarão relacionadas às medidas de sustentabilidade do próprio negócio, gerenciando a conformidade legal ambiental sob a ótica econômica, evitando elevados gastos empresariais com grandes prejuízos em função de imagem institucional, multas, ressarcimento, recuperação de áreas, restrição à contratação por órgãos públicos, financiamentos, dentre outras penalidades. Por outro lado, a política de resíduos dará acesso a benefícios e linhas de crédito para projetos que visem à implantação da mesma.

5 CONCLUSÕES

A abordagem dos avanços tecnológicos humanos associados ao meio ambiente ainda revelam números preocupantes e não são satisfatórios. Os investimentos em novos produtos eletroeletrônicos e a velocidade com que as demandas da população aumentam revelam uma ineficácia na tentativa de reduzir os impactos gerados, pois não atingem um nível de sustentabilidade necessário e isso gera um custo muito alto para sociedade.

No entanto, há uma rede bastante diversificada de políticas e normas voltadas para o controle desses impactos, e ainda que nem sempre resolvam todo o problema, existem diversos métodos e incentivos que buscam formas mais ecológicas para o gerenciamento dos resíduos sólidos eletroeletrônicos.

Cada vez mais, exige-se das empresas a sua regularização quanto à geração, ao tratamento e à destinação de seus resíduos, o que leva a uma série de impactos positivos, bem como determina ao consumidor a responsabilidade que deve ter pós-consumo dos equipamentos eletroeletrônicos consumidos.

Sendo assim, é possível conhecer impactos, classificá-los, levantar normas – internacionais e nacionais, definir os processos de gestão mais adequados e, finalmente, estabelecer responsabilidades às partes envolvidas com os resíduos eletroeletrônicos. Podendo, enfim, mostrar que a velocidade do desenvolvimento humano junto com o descaso e a falta de informação coletiva podem trazer impactos irreversíveis ou de extrema complexidade de tratamento.

6 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10004:2004. **Resíduos sólidos**: Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas Nov. 2004

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21 Global. Capítulo 20**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>> Acesso em 2 Dez. 2012.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos**. Brasília. Nov. 2012. Disponível em <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1362058667.pdf> Acesso em 12 Fev. 2013.

AOC. Disponível em <<http://www.dignow.org/post/aoc-brasil-lan%C3%A7a-monitor-led-15-6%E2%80%9D-ecol%C3%B3gico-que-reduz-em-48-o-consumo-de-energia-e-%C3%A9-fabricado-com-materiais-recicl%C3%A1veis-770569-7267.html>> Acesso em 23 Set. 2012.

BARBIERI, J. C. CAJAZEIRA, J. E. R. **Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável**: da teoria à prática. São Paulo: Atlas, 2009.

BERKWITZ, H. **Visual Ergonomics Handbook** – Electronic Visual Displays. Editor. Jeffrey Anshel, Ed. Taylor&Francis, 2005.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 257, 30 de junho de 1999 que estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio,

mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 313, 29 de outubro de 2002, que dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 401, 4 de novembro de 2008, que estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio, mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional, e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato-2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 28 Mar. 2013

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). **Guia da coleta seletiva do lixo**. São Paulo 2010. Disponível em:< <http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em 11 Nov. 2012.

CHEHEBE, José Ribamar. **Análise do Ciclo de Vida dos produtos**: ferramenta gerencial da ISO 14.000. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1998.

COMPUTERWORLD. **Lixo eletrônico vira montanha de problemas**. Edição 421. Nov. 2004. Disponível em <<http://computerworld.uol.com.br/negocios/2004/11/29/idgnoticia.2006-05-15.6833940980/>> Acesso em 15 Nov. 2012.

COOPERATIVA CRESCER. **Logística reversa**: ponto forte da PNRS. Disponível em <<http://cooperativacrescer.blogspot.com.br/2011/05/logistica-reversa-ponto-forte-da-pnrs.html>> Acesso em 29 Ago. 2012.

DOYLE, Alister. **Nova aliança para combater as montanhas de lixo eletrônico**. Reuters. [S.l.:s.n.], 2007. Disponível em: <<http://www.hsm.com.br/canais/notic.php?marcabusca=reciclagem#marcabusca>>. Acesso em 10 Out. 2012.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Solid Waste Management and GHG**. EUA. 2010. Washington, DC: EPA. Disponível em <<http://www.epa.gov>>. Acesso em 11 Abr. de 2013.

EVANS, D. e ROSS, S. **Lifecycle Assessment** - The International Handbook on Environmental Technology Management, Editado por Dora Marinova, David Annandale e John Phillimore, Massachusetts (USA): Edward Elgar Publishing, Inc, 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ (FIEC). **Destino dos resíduos sólidos eletroeletrônicos**. Grupo Temático de Meio Ambiente. 2010. Disponível em: <<http://www.fiec.org.br/portav2/sites/conselhos/files/files/GRUPO%20TEMATICO%20DO%20MEIO%20AMBIENTE%20-%20HISTORIA%20E%20LEGISLACOES%20BRASILEIRAS%20RESIDUOS%20SOLIDUOSE%20SANEAMENTO.pdf>> Acesso em 27 Mar. 2013.

GRAEDEL, T. E. **Streamlined Life Cycle Assessment**. By Bell Laboratories, Lucent Technologies. New Jersey: Published by Prentice Hall, Inc. 1998.

GREENPEACE. **Toxic Chemicals in Computers**: Determining the presence of hazardous substances in five brands of laptop computers. 2006.

GÜNTHER S., et al. **Abordagens de remanufatura - uma contribuição para engenharia sustentável**. Gest.Prod. vol.13 no.3 São Carlos Sept./Dec. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE.). **Síntese de Indicadores Sociais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/Sintese_de_Indicadores_Sociais_2012/SIS_2012.pdf> Acesso em 23 Nov. 2012.

ISO 14040. **Environmental management – Life cycle assessment - Principles and framework**, International Organization for Standardization (ISO), Genebra, Publicado em 2006.

ISO 14044. **Environmental management – Life cycle assessment - Requirements and guidelines**, International Organization for Standardization (ISO), Genebra, Publicado em 2006.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION (ISWA). **Waste and Climate Change**: Iswa White Paper. Austria: Iswa. 2009. Disponível em <<http://intranet.gvces.com.br/cms/arquivos/epc2011.pdf>> Acesso em 11 Out. 2013.

JENSEN, Allan et al. **Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources**. 1997.

LIMA, A.M.F. **Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil**: Inserção e perspectivas. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2007.

MEIUS ENGENHARIA Ltda. **Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**. 2009. Disponível em <http://ewasteguide.info/files/Rocha_2009_pt.pdf> Acesso em 12 Nov. 2013.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Sustentabilidade**. Disponível em <<http://www.ons.gov.br>> Acesso em 11 Nov. 2013.

OSSAMU, C. O ouro está no lixo. **Revista Veja Especial Tecnologia**. Agosto 2007. Disponível em <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/conteudo_248323.shtml> Acesso em 26 Jul. 2013.

REVERSE LOGISTICS EXECUTIVE COUNCIL. **Logística reversa**. 2007. Disponível em <<http://www.rlec.org>> Acesso em 15 Set. 2013

RIO DE JANEIRO. Lei nº 2011, 10 de julho de 1992, que dispõe sobre a obrigatoriedade de programa de redução de resíduos.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 3007, 9 de julho de 1998, que dispõe sobre o tratamento, armazenamento e queima de resíduos tóxicos no Estado do Rio de Janeiro.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 3606, 13 de julho de 2001, que institui a obrigatoriedade de empresas fabricantes de disquetes recolham os mesmos quando inutilizados, dando destinação final adequada.

RODRIGUES, Angela Cassia. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Bárbara d'Oeste, SP. 2007. 301f.

SÃO PAULO, Resolução Secretaria de Meio Ambiente nº 38, 2 de agosto de 2011, que estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental, para fins do disposto no art. 19, do Decreto Estadual nº 54.645, de 05.08.2009, que regulamenta a Lei Estadual nº 12.300, de 16.03.2006, e dá providências correlatas.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Resíduos sólidos**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo: SMA, 2010. Cadernos de Educação Ambiental. Volume 6. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/sma/6-ResiduosSolidos.pdf>> Acesso 3 Mai 2013.

SOCOLOF M. L. **Environmental life-cycle impacts of CRT and LCD desktop computer displays**. University of Tennessee, Center for Clean Products and Clean Technologies, 311 Conference Center Building, Knoxville, TN 37996-4134, United States, 2005

STOCK, James. **Reverse Logistics Programs**. Florida University of South: Council of Logistics Management, 1998.

SUFRAMA, COISE/CGPRO/SAP. **Indicadores de desempenho do Pólo Industrial de Manaus**. Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior/SUFRAMA, 2007.

TECMUNDO. **Lixo eletrônico**: o que fazer após o término da vida útil dos seus aparelhos? Agosto de 2009. Disponível em <<http://www.tecmundo.com.br/teclado/2570-lixo-eletronico-o-que-fazer-apos-o-termino-da-vida-util-dos-seus-aparelhos-.htm>> Acesso 25 Jan. 2013.

UNEP. **Convenção de Estocolmo**. Disponível em: <<http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatification/tabid/252/language/en-US/Default.aspx>>. Acesso em 27 Mar. 2013.

WEBRESOL. **Tratados internacionais.** Disponível em:
<http://www.resol.com.br/quem_somos/quem_somos.php> Acesso em 27 Mar. 2013.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CEFET-RJ pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.