

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

UMA VISÃO DA SUSTENTABILIDADE DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: O CASO DOS APARELHOS DE CELULAR

Aluno(s):

Thainá Rodrigues Antunes (Eng. Telecomunicações / 6º período) Bolsista CEFET/RJ

Orientador:

Aline Guimarães Monteiro Trigo, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Julho / 2013

RESUMO

A produção e o consumo acelerado de novos produtos eletroeletrônicos vêm gerando uma gama de “resíduos” em decorrência da revolução tecnológica dos últimos anos que produz equipamentos em larga escala, com muitas utilidades. Isso leva a um aumento na quantidade e diversidade de equipamentos, que rapidamente caem em desuso, representando hoje uma quantidade significativa dos resíduos descartados. Para que haja um gerenciamento adequado dos impactos ambientais gerados por um produto eletroeletrônico, este trabalho avalia, por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a sustentabilidade social, econômica e ambiental do produto eletroeletrônico em questão, o aparelho de celular. Nesse sentido, diante das questões ambientais levantadas e da preocupação com o descarte do lixo eletrônico, é importante que haja uma conscientização dos consumidores e responsabilidade das empresas quanto ao ciclo de vida de um celular e, 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. Recomenda-se que empresas de celular desenvolvam programas para dar suporte aos consumidores após o tempo de vida útil de seus aparelhos, a fim de se adequar as normas e leis regulamentadas. Busca-se, com isso, assegurar que todos os produtos recolhidos sejam reciclados da maneira mais eficiente para minimizar o volume de materiais não recuperáveis e maximizar os materiais utilizáveis, atendendo as dimensões da sustentabilidade.

Palavras-chave: Avaliação de ciclo de vida, Produtos eletroeletrônicos, Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A produção e o consumo acelerado de novos produtos eletroeletrônicos vêm gerando uma gama de “resíduos” descartados, principalmente, em decorrência da revolução tecnológica dos últimos anos que produz equipamentos em larga escala, com muitas utilidades. Isto leva a um aumento na quantidade e diversidade de equipamentos, que rapidamente caem em desuso, representando hoje uma quantidade significativa dos resíduos descartados.

Em 2011, o Greenpeace apresentou dados que indicam a crescente produção de resíduos eletroeletrônicos, como os detritos elétricos e eletrônicos que estão entre as categorias de lixo de mais alto crescimento no mundo. Anualmente são produzidos cerca de 50 milhões de toneladas de dejetos eletrônico no planeta. (CEMPRE, 2012)

Compreender o ciclo de vida de um produto eletroeletrônico é conhecer o projeto desenvolvido e a escolha das matérias primas, passando pela distribuição para os pontos de venda onde é comercializado, chegando aos consumidores e sabendo o encaminhamento pós-consumo. É importante que haja o entendimento do ciclo de vida de produtos e serviços que usamos, seja como consumidor, produtor, distribuidor, catador, organizações privadas e governamentais. De forma que, como consumidor, ao adquirir um produto eletroeletrônico, possa saber qual deles agride menos o meio ambiente, bem como impacte menos o “bolso” do consumidor; como catador, o resíduo que gere mais renda a partir de sua reciclagem e como os demais atores desse cenário, que tenha uma redução de seus custos, principalmente.

Esses produtos são feitos por centenas de componentes que levam em sua composição substâncias nocivas à vida e ao ambiente, e por isso, deve-se evitar descartá-los em qualquer lugar ou, se possível, reaproveitar ou ainda reciclar esses resíduos, pois os mesmos apresentam alto valor agregado no comércio, ou assim, reduzir o impacto ambiental gerado, entre muitos outros benefícios.

Portanto, o objetivo geral desse projeto é avaliar, através da avaliação do ciclo de vida de um produto eletroeletrônico, a sustentabilidade ambiental, social e econômica do produto eletroeletrônico, em foco o celular, a partir dos seguintes objetivos específicos:

- Levantar as etapas de montagem do celular;
- Identificar os impactos ambientais dos componentes dos celulares, bem como dos resíduos eletroeletrônicos provenientes dos aparelhos celulares;
- Verificar as formas de destinação adequada para os resíduos eletroeletrônicos.

Este trabalho classifica-se, quanto à natureza, como de pesquisa básica, onde os conhecimentos são utilizados em pesquisa aplicada. Quanto aos objetivos, enquadra-se como uma pesquisa exploratória, proporcionando maior familiaridade com o tema, e quanto aos procedimentos, é um estudo de caso da avaliação do ciclo de vida de um aparelho de celular.

2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A Avaliação do Ciclo de Vida - ACV (*Life Cycle Assessment - LCA*) é um método utilizado para avaliar o impacto ambiental de bens e serviços. Para Lima (2007), a Avaliação do Ciclo de Vida de um produto, processo ou atividade traduz-se numa avaliação sistemática que quantifica os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida do produto. A EPA (*Environmental Protection Agency*) define essa avaliação como uma ferramenta para avaliar um produto ou uma atividade durante todo seu ciclo de vida. A figura 1 apresenta as etapas do ciclo de vida de um produto qualquer.

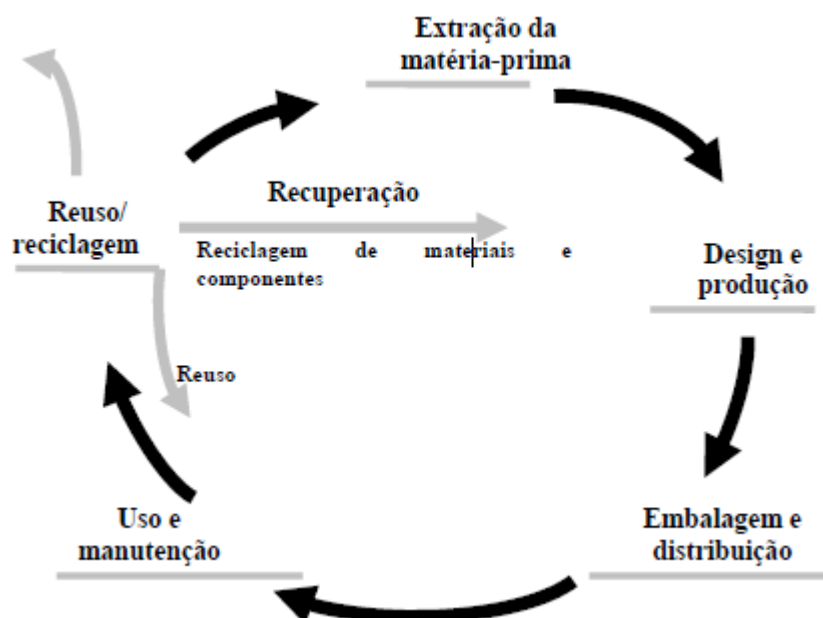


Figura 1: Etapas do ciclo de vida de um produto

Fonte: SONNEMANN e outros (2005)

Essa avaliação tornou-se muito importante, pois é o caminho para garantir a sustentabilidade, permitindo uma utilização durante longos períodos de tempo com o menor custo possível para o meio ambiente e sem comprometer gerações futuras. Sob o ponto de vista das empresas, deve-se valorizar o desempenho ambiental dos produtos e dos processos através de estratégias de minimização dos impactos negativos de sua produção no ambiente (EPA, 2001).

Toda a estrutura conceitual no qual se baseia a ACV foi padronizada pela *International Organization for Standardization* (ISO). Essa instituição reservou para a ACV a série 14040. Segundo Barbieri (2006), até 2000 foram lançadas as seguintes normas técnicas:

- ISO 14040: *Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and framework* (1997): estabelece princípios e requisitos para a realização e divulgação dos resultados de estudos da ACV.

- ISO 14041: *Environmental management – Life Cycle Assessment – Goal and scope definition and inventory analysis* (1998): detalha os requisitos para estabelecer objetivos e o escopo de um estudo de ACV e descreve as etapas da análise de impacto.

- ISO 14042: *Environmental management – Life Cycle Assessment – Life cycle impact assessment* (2000): apresenta os princípios gerais para realização de avaliação de impacto, os componentes obrigatórios, a seleção das categorias de impacto, descreve as etapas de classificação e de caracterização.

- ISO 14043: *Environmental management – Life Cycle Assessment – Life cycle interpretation* (2000): apresenta requisitos e recomendações para interpretação dos resultados da análise de inventário ou avaliação de impacto.

- ISO TR 14048: Formato da Apresentação de Dados.
- ISO TR 14049: Exemplos de Aplicação da ISO 14041.

Há as normas brasileiras publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sobre a ACV:

- NBR ISO 14.040 - Princípios e estrutura, em 2001.
- ABNT NBR ISO 14.041 - Definições e análise de inventário, em 2004.
- ABNT NBR ISO 14.042 – Avaliação de impactos, em 2004.
- ABNT NBR ISO 14.043 – Interpretação do ciclo de vida, em 2005.

Segundo a ISO 14040 (1997), o processo ACV é uma abordagem composta por quatro componentes: definição de objetivos e âmbito; análise de inventário; análise de impacto e interpretação dos resultados. E tais componentes possuem a seguinte função:

- **Definição de objetivos e âmbito** – Define e descreve o produto, processo ou atividade. Estabelece o contexto no qual a avaliação é para ser feita e identifica os limites e efeitos ambientais a serem revistos para a avaliação.

- **Análise de inventário** – Identifica e quantifica a energia, água e materiais utilizados e descargas ambientais (por exemplo: emissões para o ar, deposição de resíduos sólidos, descargas de efluentes líquidos).

- **Análise de impacto** – Analisa os efeitos humanos e ecológicos da utilização de energia, água, e materiais e das descargas ambientais identificadas na análise de inventário.

- **Interpretação dos resultados** – Avalia os resultados da análise de inventário e análise de impactos para selecionar o produto preferido, processo ou serviço com uma compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar os resultados.

Cabe ressaltar a importância, com a avaliação de ciclo de vida, de se alcançar a sustentabilidade que é descrita em três dimensões – ambiental, social e econômica (Figura 2) e que tem sido denominada *The Triple Bottom Line*. O objetivo do gestor responsável é criar negócios mais sustentáveis e, para isso, deve-se expandir os aspectos econômicos para incluir dimensões sociais e ambientais (SONNEMANN e outros, 2005).



Figura 2: Dimensões da sustentabilidade

Fonte: SONNEMANN e outros autores (2005)

A dimensão ambiental requer o equilíbrio entre a proteção do ambiente físico e seus recursos, bem como a capacidade da natureza para absorver as alterações sofridas e se recuperar das agressões antrópicas. A dimensão social requer o desenvolvimento de sociedades justas, com melhoria da qualidade de vida. Já a dimensão econômica requer um sistema econômico que facilite o acesso a recursos e oportunidades e o aumento da prosperidade para todos, dentro dos limites do que é ecologicamente possível e sem ferir os direitos humanos básicos (LIMA, 2007, p.13)

2.1 Benefícios da ACV

Há vários benefícios na elaboração de um estudo ACV. Segundo pesquisadores USEPA (2001), dentre as vantagens está a de analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associadas ao produto/processo específico; o de desenvolver uma avaliação das consequências ambientais associadas a um produto ou processo; o de quantificar as descargas ambientais para todo o meio ambiente (seja pelo ar, água ou solo); o de avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a comunidade local, região e o mundo, e o de promover *marketing* institucional e de produto.

2.2 ACV no mundo

Na pesquisa realizada por Lima (2007), construiu-se um quadro 1 que apresenta um resumo dos países (Suíça, Japão, Suécia, Alemanha, Dinamarca e EUA), que possuem bancos de dados de ACV, com suas principais características. Verifica-se a importância das parcerias

entre governo, indústria e academia/instituições de pesquisa para o desenvolvimento do instrumento de gestão.

Quadro 1: Principais países que possuem banco de dados de ACV no mundo

	SUIÇA	JAPÃO	SUÉCIA	ALEMANHA	EUA
Órgãos participantes	Vários órgãos federais Suíços participam do Centro Suíço de Inventário do Ciclo de Vida	Parcerias entre governo, indústria, instituições de pesquisa e academia	Indústria em parceria com Academia	Academia, institutos de pesquisa, indústria e governo	Parcerias entre governo, indústria, instituições de pesquisa e academia
Projeto	<i>Ecoinvent 2000</i>	Projeto Nacional de Análise do Ciclo de Vida	<i>SPINE@CPM</i>	<i>German Network on Life Cycle Inventory Data</i>	<i>US LCI Database Project</i>
Como e porque se iniciou ACV	Necessidade e de compatibilizar os bancos de dados dos diversos institutos nacionais	Como estratégia do Fórum Japonês de ACV, que foi estabelecido dentro da JEMAI ¹ , com apoio do MITI ² e NEDO ³ .	Estudo sobre materiais de embalagens desenvolvido pela Universidad e de Tecnologia de Chalmer	Foi uma iniciativa do Centro de Pesquisa Karlsruhe(FZKarlsruhe) e com o apoio do Ministério Federal Alemão de Educação e Pesquisa	-
Dados que encontram-se na ACV	Energia, transporte, materiais de construção, químicos, papel e polpa, tratamento de resíduos, agricultura	Energia, materiais (ferro e aço, alumínio, papel, borracha) produto, uso e reciclagem (automóvel, maquinário industrial, equipamentos eletrônicos etc.)	-	Dados a serem levantados de energia, metais, materiais de construção e transporte.	-
Ano do surgimento	Situação de 2000	1998-2003 (1ª fase); 2003-2005	-	Iniciou em 2002	Iniciou em 2001

		(2ª fase); A partir de 2006 (3ª fase)			
Cobertura geográfica	Europa	Japão	Global	Alemanha	Estados Unidos
Característica	Cada Instituto ficou responsável por determinado conteúdo do banco de dados	Dentro do JEMAI, formaram-se Comitês de Estudo de Inventário; de Estudo de Banco de Dados e de Avaliação de Impacto, com especialistas da indústria, governo e academia.	-	Formaram-se grupos de trabalho de energia, metais, materiais de construção e transporte.	Formou-se um grupo de 45 representantes da indústria, governo, ONG e especialistas em ACV, para criar o guia de desenvolvimento de banco de dados.
Idioma	Inglês, Alemão e Japonês	Japonês	Inglês	Alemão e Inglês	Inglês
Acesso	Taxa de licença	Taxa de licença	Taxa	Em andamento	Grátis
Número de conjunto de dados	>2700	>600	>100	-	> 70

¹ JEMAI: Japan Environmental Management Association for Industry

² MITI: Ministry of International Trade and Industry

³ NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization

Fonte: LIMA et al. (2007)

2.3 ACV no Brasil

A ACV no Brasil é uma ferramenta que ainda está se tornando conhecida, assim como em outros países em desenvolvimento. Em 29 de novembro de 2002, foi criada a Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV), que surgiu da necessidade de alguns órgãos, entidades e empresas de discutirem as questões relativas à Avaliação do Ciclo de Vida.

Os principais *workshops* sobre a temática ACV, abertos ao público, aconteceram no eixo São Paulo/Rio de Janeiro e foram os seguintes (IBICT, 2012):

- Seminário sobre ACV, com lançamento do livro “Avaliação do Ciclo de Vida, Princípios e Aplicações”, realizado em 17 de maio de 2002;

- *Workshop* Estratégias para Consolidação da ACV no Brasil, em 30 de novembro de 2004, realizado pelo Instituto Ekos Brasil;
- Seminário “Impacto da Avaliação do Ciclo de Vida na Competitividade da Indústria Brasileira”, realizado nos dias 03 a 04 de outubro de 2005, em São Paulo.

Além disso, as principais atividades da ACV no Brasil estão sendo destacadas na figura 3 a seguir.

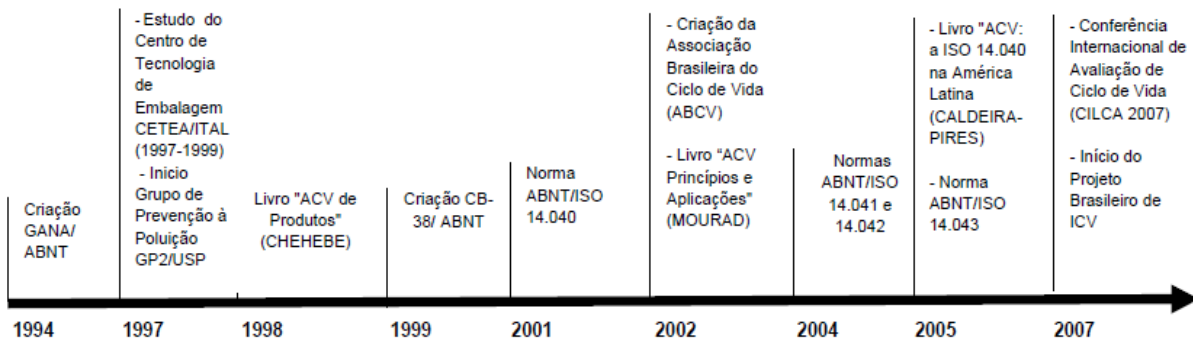


Figura 3: Principais atividades da ACV no Brasil

Fonte: CHEHEBE (1998); MOURAD, GARCIA, VILHENA (2002)

No Brasil, os principais trabalhos de ACV são desenvolvidos pela academia, através da capacitação dos estudantes, tanto no nível de graduação como na pós-graduação, onde foram publicados trabalhos acadêmicos de mestrado e doutorado.

Segundo Lima et al. (2007), nos últimos anos tem aumentado o interesse na ACV pelas indústrias, autoridades, especialistas ambientais e, também, o público em geral que quer conhecer a qualidade ambiental dos processos em produção e dos produtos. Mas, de acordo com Lemos & Barros (2006), na maioria dos países da América Latina, incluindo o Brasil, estas ações ainda estão aquém do desejado, se comparadas com as principais regiões econômicas: União Européia, NAFTA¹ e APEC².

2.4 Barreiras

As principais dificuldades encontradas para a aplicação da metodologia da ACV são: a falta de pessoas qualificadas e a disponibilidade de bancos de dados com informações sobre a ACV de insumos industriais básicos como energia, aço, cimento, etc. Além disso, existe a falta de incentivos fiscais por parte do Estado para aquelas empresas que desejam realizar e mudar os pontos críticos identificados na avaliação (LIMA, 2007).

¹ NAFTA: *North American Free Trade Agreement* é um bloco econômico formado pelos países: Estados Unidos, Canadá e México.

² APEC: *Cooperação Econômica da Ásia e do Pacífico* trata-se de um bloco econômico que ainda está em fase de implantação.

O fato de a elaboração de um estudo de ACV necessitar de muitos recursos e arrastar-se por muito tempo é uma outra barreira, segundo Lemos e Barros (2006).

Com o objetivo de superar as dificuldades citadas, várias iniciativas estão sendo implementadas no Brasil. Um exemplo é o caso da Agroindústria que vem utilizando a ACV para a análise das questões ecológicas relacionadas às diversas etapas de produção, consumo e destino final de produtos ou serviços industriais e agrícolas, com o intuito de melhorar a eficiência da produção e de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico e a conservação ambiental. Com essas medidas, estaríamos contribuindo com o empresário na tomada de decisão quanto à definição dos insumos e funcionamento da inovação que pretendem desenvolver (LIMA et al, 2007).

3 PRODUTOS ELETROELETRÔNICOS

Os produtos eletroeletrônicos, assim como os aparelhos de celular, são equipamentos alimentados por energia elétrica e constituídos por circuitos eletrônicos. Além disso, são produzidos em alta escala e seus componentes são constituídos por diversos tipos de matérias primas que possuem alto custo ambiental. Isso quer dizer que as substâncias nocivas apresentadas em suas composições possuem um tempo muito extenso de decomposição e por isso, podem causar impactos negativos ao meio ambiente e riscos para a população.

Por esses motivos, é importante evitar o descarte desses produtos de qualquer maneira, mas sim providenciar o descarte adequado dos resíduos, pois assim se gera uma nova cadeia produtiva, contribuindo para reduzir a extração de matérias primas e evitar a contaminação do solo e da água. É nesse contexto que a aplicação desse instrumento de gestão bem como a apresentação de recomendações para interpretação dos resultados da análise dos impactos vem contribuir para a diminuição do impacto negativo ao meio ambiente.

3.1 O ciclo de vida de um celular

A produção de um celular necessita de recursos naturais minerais como o Cádmiu, Chumbo, Níquel, Paládio, Silício, Antimônio, Arsênio, Tântalo, Cromo, Platina, Bromo, Cloro, Ferro, Cobre, Zinco, Estanho, Alumínio, Prata, Bismuto, Ouro, Berílio e o Petróleo Bruto, sendo eles extraídos das mais variadas localidades do mundo (OLIVEIRA e outros, 2011).

O ciclo de vida do produto eletrônico em estudo, o celular, deve compreender a descrição de cada uma das etapas para a fabricação do celular, passando pela montagem do mesmo e transporte para as lojas revendedoras. Ao chegar no consumidor, após anos de uso, o mesmo deve descartar de forma adequada o produto eletrônico, atendendo assim as dimensões do *Triple*

Bottom Line, bem como algumas exigências ambientais legais. A figura 4 descreve o ciclo de vida de um celular.

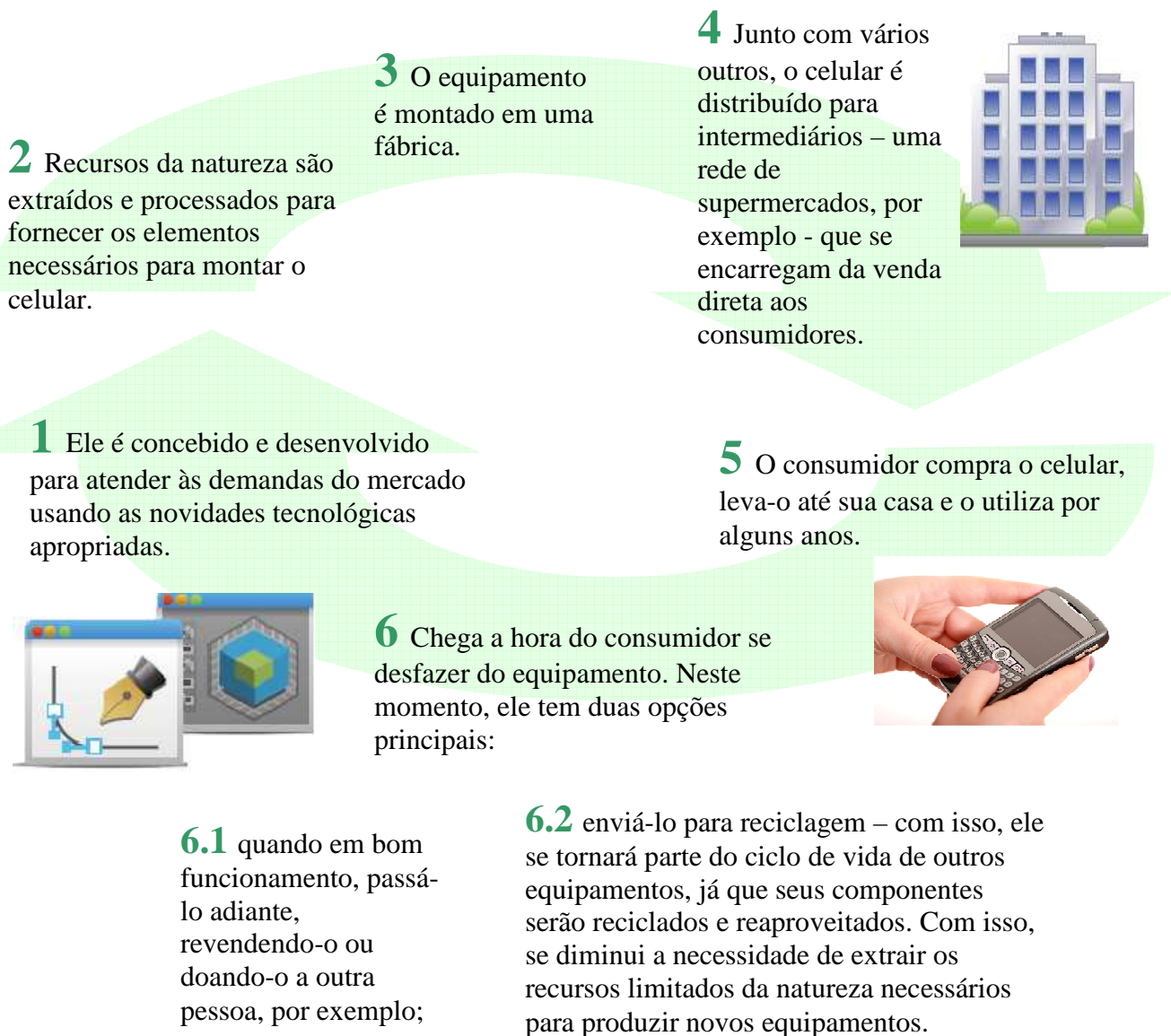


Figura 4: Ciclo de vida de um celular

Fonte: Adaptado ITAUTEC (2011)

Na montagem do celular, verificam-se as seguintes etapas. Dentro da carcaça é reunida toda a parte eletrônica. A tela é acoplada diretamente nos circuitos eletrônicos. A carcaça já é planejada para receber a bateria e a capa do celular juntamente com o teclado.

Em alguns celulares, não há o teclado devido à tecnologia *touchscreen* (telas sensíveis ao toque), com isso, a parte frontal do celular fica sendo totalmente a tela de LCD.

- **Fabricação dos circuitos eletrônicos:** São usados circuitos integrados por uma série de benefícios, como a redução do tamanho, o baixo custo, a alta resistência mecânica, bem como a confiabilidade de funcionamento e o grande desempenho. Os circuitos são formados por resistores, transistores, componentes de polarização e regiões isolantes (OLIVEIRA e outros, 2011).

- **Fabricação do teclado:** Anos atrás, os principais componentes do teclado eram plásticos, silicone e prata. Com o surgimento de novas tecnologias, esses materiais foram sendo substituídos por outros mais resistentes e leves (OLIVEIRA e outros, 2011).

Um avanço tecnológico que contribuiu para a diminuição da extração de matéria prima para esse fim foi o surgimento das telas *touchscreens*, já que os celulares com essa tecnologia não precisam de teclados.

- **Fabricação da carcaça:** Este é o componente responsável pela proteção de todos os outros compostos do aparelho. Os materiais usados na fabricação da carcaça são derivados da bauxita. Com vistas à otimização da produção e à busca pela sustentabilidade, experimentos foram realizados para a aplicação de polímeros biodegradáveis (OLIVEIRA e outros, 2011).

- **Fabricação da tela:** O principal composto da tela LCD é um mineral raro, chamado índio. Esse mineral geralmente é encontrado na extração de outros minérios, contudo, o que dificulta ainda mais o seu uso é a separação química necessária para usar o índio “puro”. Por esses motivos, a fabricação da tela LCD é uma das partes mais caras do celular (OLIVEIRA e outros, 2011).

- **Fabricação da bateria:** Os principais materiais usados na produção das baterias eram metais pesados de fácil contaminação ao meio ambiente. Mas, hoje em dia, há outros materiais usados com base na bateria de íon-lítio, que diminuiu o grau de periculosidade de contaminação.

Cabe destacar os tipos de baterias existentes com suas vantagens e desvantagens (RODRIGUES, 2007):

1. **Baterias NiCd:** A bateria de níquel cádmio foi o primeiro tipo de pilha ou bateria recarregável a ser desenvolvida. Essas baterias eram as mais usadas nos celulares. Atualmente, foi substituída pelas baterias de lítio. A vantagem desse produto é o baixo custo e as desvantagens são: o menor tempo de vida útil, menor capacidade de carga e uma chance maior de sofrer um problema chamado “efeito memória³”.

³ O efeito memória se verifica com o uso constante. As baterias tendem a registrar como carga total apenas a diferença entre a capacidade máxima de carga e o ponto inicial da bateria, ou seja, a bateria vazia. Assim, se elas fossem recarregadas com 30% de

2. **Baterias NiMH:** As baterias de níquel-hidreto metálico (NiMH) têm a vantagem de serem menos vulneráveis ao “efeito memória” e também serem menos tóxicas. Além disso, podem armazenar mais energia se comparadas com as baterias NiCd. A desvantagem é o custo elevado.

3. **Baterias Li-Ion:** A bateria de íon lítio é a mais recente dos tipos de bateria de celular citados. Podem armazenar muito mais energia, propiciando maior tempo de uso sem necessidade de recarga, além de serem mais leves. Outra vantagem é que elas não são afetadas pelo “efeito memória” e podem ser recarregadas sem a necessidade de esperar o descarregamento total da bateria.

4. **Baterias de Polímeros Li:** Estas utilizam um polímero seco que permite serem manufaturadas em uma variedade maior de formas e tamanhos do que as baterias de íon lítio. Além disso, elas utilizam também um eletrólito para aumentar a condutância, são mais leves porque não requerem as embalagens do metal como as baterias Li-Ion e são mais seguras. A desvantagem é que são mais caras e não seguram tanto a carga.

A etapa de transporte para as lojas revendedoras acontece depois que o aparelho é montado e ter passado por todos os testes de qualidade, segurança e atendido os padrões da ISO 9000. O produto é transportado, geralmente, por caminhões até as autorizadas e revendedoras da marca. Depois que o produto é vendido e utilizado até um possível descarte, o mesmo é encaminhado a central de recolhimento do produto de cada empresa para entrar na política de reciclagem.

3.2 Impactos ambientais causados pela produção do celular

Existem vários problemas causados por alguns componentes utilizados na produção do celular, tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente, que foram levantados a partir do componente da ACV – Análise de impacto (RODRIGUES 2007; NATUME, SANT’ANNA, 2011).

- **Circuitos eletrônicos:** Metais como o ouro e paládio, usados nessa etapa, são raros. A extração dos mesmos é poluente e pouco produtiva, pois para produzir uma tonelada de ouro, são gerados ao menos 10 mil toneladas de CO₂, um gás que acarreta fenômenos como efeito estufa, “ilhas de calor” e inversão térmica.

energia útil sobrando, o carregador, nas próximas vezes, iria carregar somente 70% do restante, mesmo que estivessem esgotadas completamente.

Os materiais usados nessa etapa da produção serão mostrados na figura 5 e a seguir os seus impactos:

1. Mercúrio: Quando em contato com a água vira metil-mercúrio que causa danos aos seres vivos de mares e rios. Além de prejudicar a saúde do feto e bebês que entram em contato com a água contaminada.
2. Chumbo: Os impactos à saúde causados por esse material são anemia, problemas pulmonares, distúrbios mentais e convulsão.
3. Bismuto: Entre os metais pesados é o menos tóxico, mas ele e seus sais podem causar danos moderados ao fígado.
4. Germânio: Alguns compostos do germânio como o tetracloreto de germânio apresentam uma certa toxicidade nos mamíferos. A exposição pode ser feita com o uso de EPIs (equipamentos de proteção individual) simples.
5. Índio: Há suspeitas de que esse elemento químico possa causar malefícios aos seres humanos. Contudo, os trabalhadores da indústria de semicondutores e soldas, onde a exposição é alta, não apresentam efeitos colaterais noticiáveis.

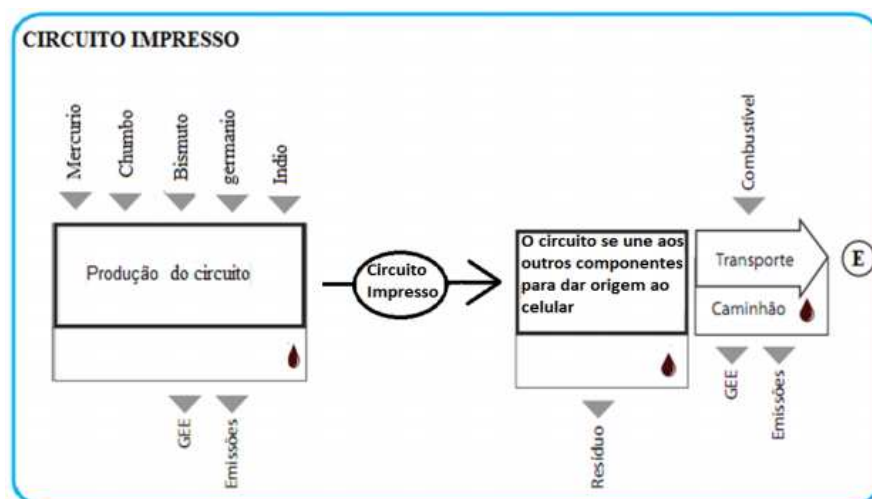


Figura 5: Fabricação de circuito eletrônico de um celular.

Fonte: ARREMESSO CELULAR (2012)

- **Bateria:** No processo de confecção dessa parte, são usados, dentre outros, o níquel e o cobalto. Eles são obtidos pela mineração, atividade que promove impacto no solo e novamente, emissão de CO₂.

São usados os elementos demonstrados na figura 6. Os impactos causados por eles são:

1. Lítio: Por ser um metal alcalino, o lítio puro é altamente inflamável e explosivo quando exposto ao ar e à água. Além disso, para o contato direto com o metal, deve haver o uso de EPIs por se tratar de um material corrosivo e ligeiramente tóxico.
2. Cádmiu: Pode provocar câncer, problemas pulmonares e até envenenamento.
3. Níquel: Elemento cancerígeno, causador de lesões no sistema respiratório e de alterações no sistema imunológico.

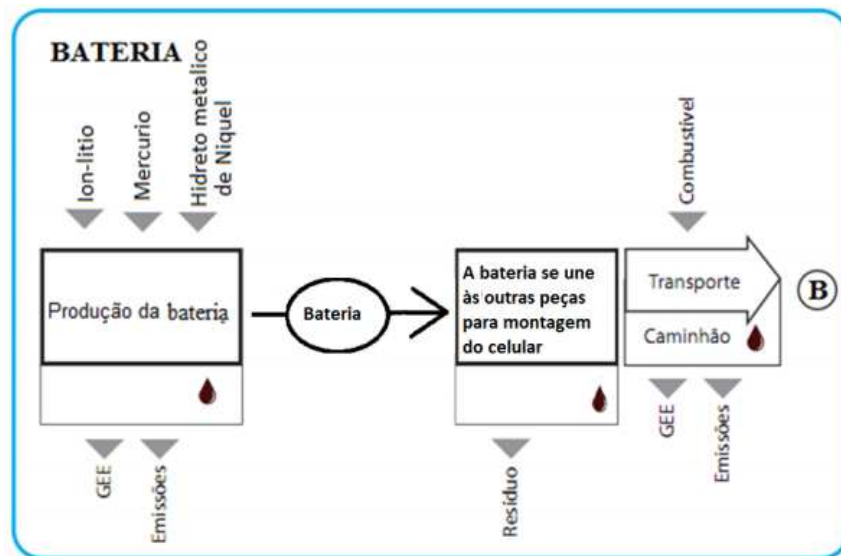


Figura 6: Produção da bateria de um celular.

Fonte: ARREMESSO CELULAR (2012)

- **Carcaça:** Os polímeros, como o PVC e o policarbonato, são derivados do petróleo, que é uma fonte não renovável. Além disso, a produção de alumínio exige um gasto imenso de energia e água.

Da mesma forma, a figura 7 demonstrará como é feita a produção da carcaça de um celular, especificando os elementos usados. Os seus impactos à saúde e ao meio ambiente serão descritos a seguir:

1. Alumínio: Para a sua mineração e refinação, florestas são destruídas e a água é contaminada. Além disso, é necessária grande demanda de energia, que, na maioria dos casos, é obtida através da queima de carvão mineral que libera gases poluentes na atmosfera. O mal de *Alzheimer* e alergias são danos à saúde humana causada por esse elemento químico.

2. Plástico policarbonato: Pode causar sérios danos aos fetos de muitas espécies inclusive nos seres humanos devido ao bisfenol A, uma substância que também afeta a taxa de crescimento de animais.

3. Antimônios: Epidemiologistas já obtiveram evidências de câncer devido à exposição de ratos ao óxido de antimônio. Há, também, relatos de que trabalhadores de mineradoras de antimônio já foram detectados com câncer pulmonar (RODRIGUES, 2007).

4. Cromo: Pode acarretar alterações hepáticas e renais, anemia e até câncer pulmonar.

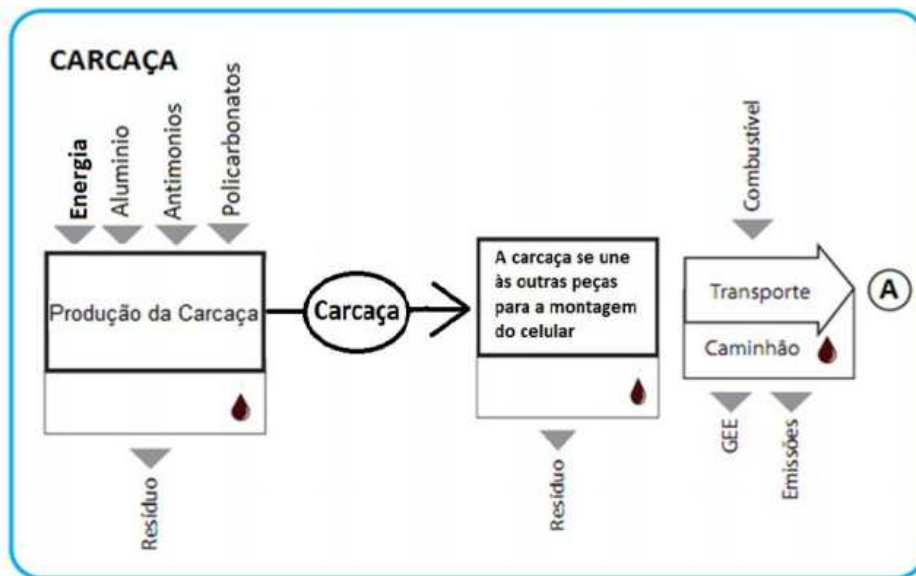


Figura 7: Produção da carcaça de um celular.

Fonte: ARREMESSO CELULAR (2012)

• **Tela de LCD:** Como já foi dito, o índio é um mineral raro em forma pura (normalmente é obtido na extração de outros minérios) e por isso, além do impacto da mineração, ainda há um grande gasto de energia na eletrólise para separar o minério.

Os elementos usados nessa etapa e seus impactos são:

1. Estanho: A forma de contaminação por esse metal se verifica na ingestão de resíduos de estanho em comidas enlatadas, causando náusea, vomito e diarreia.

2. Vidro: O impacto ambiental do vidro é baixo por ele ser um material 100% reciclável. E, por isso, no momento do processo é possível poupar o meio ambiente da retirada de matérias-primas necessárias para a produção do mesmo, diminuindo as emissões de CO₂ à atmosfera e consumindo menos energia.

3. Zinco: Pode causar secura na garganta, tosse, fraqueza, dor generalizada, náusea e vômito.

4. Polímero de cristal líquido: São formados por polimerização, a partir de radicais formados pelos elementos C, H,O e N. Sua produção não gera resíduos ou efluentes e não foi encontrado estudos sobre sua toxicidade.

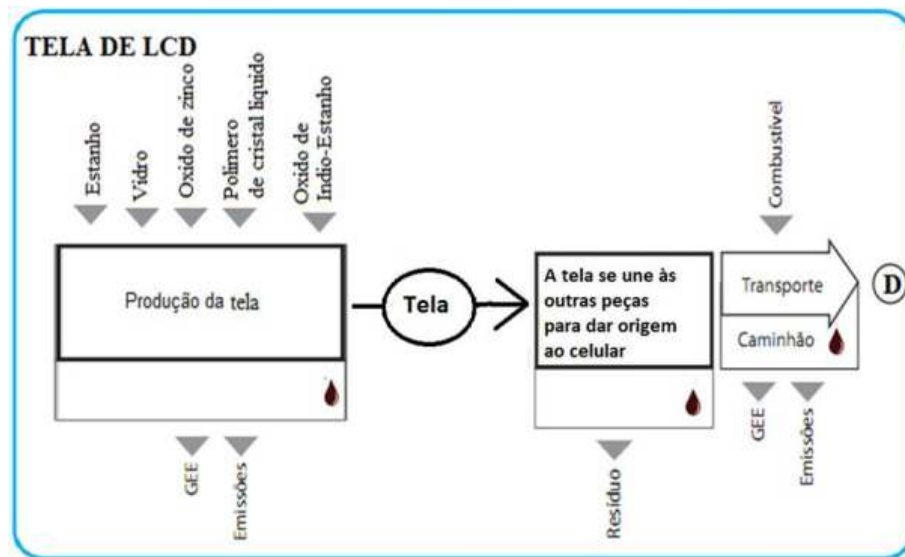


Figura 8: Fabricação da tela LCD de um celular.

Fonte: ARREMESSO CELULAR (2012)

• **Teclado:** A tela sensível ao toque foi um bom avanço tecnológico para o meio ambiente, pois dispensa o uso de silicone e plástico, que são materiais mais difíceis de reutilizar ou reciclar que o vidro. Outros celulares sem essa tecnologia possuem o teclado do mesmo material que a carcaça.

A produção do teclado de um celular é demonstrada na figura 9 e os impactos causados por seus elementos são:

1. Prata: Pode acarretar problemas no sistema respiratório. Em casos extremos, necrose da medula óssea, fígado, rins e lesões oculares.

2. Silicone emborrachado: Os silicones são polímeros e, pela variação no tamanho de sua cadeia, pode se manipular as características do material. Não existe na literatura especializada nenhum registro de que tenha provocado algum tipo de problema para o meio ambiente.

Os outros materiais usados nessa etapa da produção, já foram descritos nos itens anteriores.

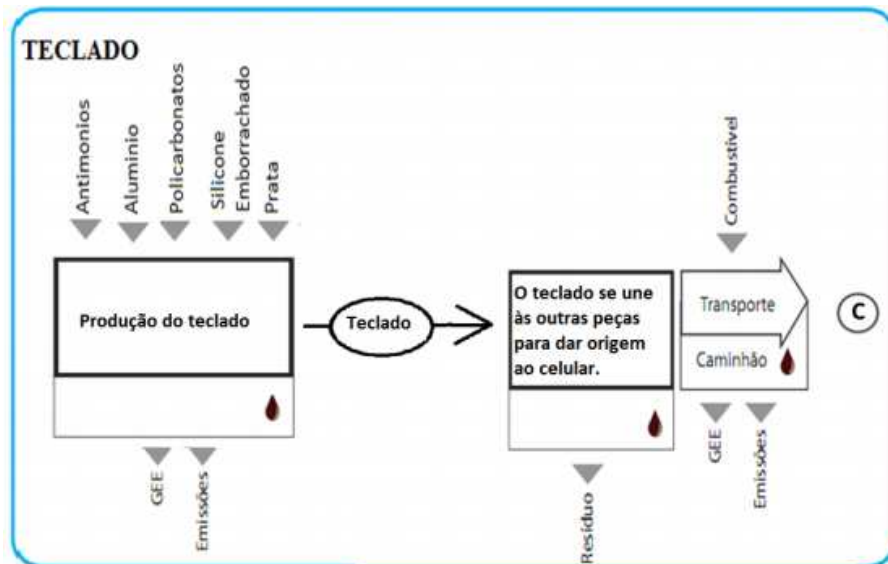


Figura 9: Fabricação do teclado de um celular.

Fonte: ARREMESSO CELULAR (2012)

Observou-se que, nas figuras 5 a 9, que demonstram as etapas de montagem do celular, o transporte do produto até as autorizadas geralmente é feito por caminhões que utilizam como combustível o óleo diesel. O óleo diesel é o produto oleoso mais abundante obtido a partir do refino do petróleo bruto, é um produto inflamável e com nível médio de toxicidade. Quanto aos danos ambientais causados por esse combustível, ele libera na atmosfera uma grande quantidade de gases poluentes através da queima do óleo. Entre estes gases, que também prejudicam a saúde humana, podemos citar o monóxido de carbono, que contribui para a intensificação do efeito estufa, enxofre e o óxido de nitrogênio.

4 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os Resíduos Sólidos (RS) representam uma grande parcela de todos os resíduos gerados, e quando mal gerenciados, tornam-se um problema sanitário, ambiental e social. Para que haja o gerenciamento dos resíduos sólidos, deve haver o conhecimento das fontes geradoras e dos tipos de RS, através de dados da sua composição e da sua taxa de geração (KGATHI e BOLAANE, 2001).

Segundo a NBR 10.004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação, os resíduos sólidos são definidos como:

resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, 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 técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Os resíduos sólidos ainda podem ser classificados como Resíduos de Classe I – Perigosos, por apresentarem riscos à saúde da população e ao meio ambiente, ou Resíduos de Classe II – Não Perigosos, onde muitos destes resíduos se não forem recicláveis e reaproveitáveis são considerados como sucatas de metais ferrosos, não ferrosos e resíduos de plásticos polimerizados. Os resíduos eletroeletrônicos podem ser enquadrados nestas duas classes. Pelos metais pesados encontrados na bateria, no teclado, nos circuitos eletrônicos e tela LCD, categorizamos como de classe I e pelos policarbonatos e PVC (policloreto de vinila), encontrados na carcaça e teclado, os classificamos como de classe II.

Considerando que os equipamentos eletroeletrônicos são compostos por diversos materiais que podem ou não ser reciclados e causar ou não danos ao meio ambiente e à saúde da população, cabe destacar a característica de periculosidade ao meio ambiente, que possuem os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos, também denominados Resíduos Eletroeletrônicos (REEs), Resíduos Tecnológicos, e-resíduos ou popularmente lixo eletrônico (NATUME, SANT’ANNA, 2011, p.15)

Lixo eletrônico é o nome dado aos resíduos da rápida obsolescência de equipamentos eletrônicos, que incluem computadores e eletrodomésticos, entre outros dispositivos. Tais resíduos, descartados em lixões, constituem-se num sério risco para o meio ambiente, pois possuem em sua composição metais pesados altamente tóxicos, como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo. Em contato com o solo estes metais contaminam o lençol freático e, se queimados, poluem o ar além de prejudicar a saúde dos catadores que sobrevivem da venda de materiais coletados em lixões.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei nº 12.305/2010, exige que as empresas sejam cobradas e tenham responsabilidade acerca dos impactos que são gerados durante todo o processo de fabricação de seus produtos, incluindo as áreas de extração de matérias primas, metas de redução da emissão de poluentes, reutilização e reciclagem visando reduzir a quantidade de rejeitos.

Logo, estaremos, a seguir, apresentando as diretrizes legais acerca da destinação dos resíduos eletroeletrônicos, dando ênfase aos resíduos gerados pelo celular, bem como as várias maneiras de se reciclar aparelhos celulares.

4.1 Logística Reversa

Devido aos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto dos aparelhos celulares e outros equipamentos eletroeletrônicos, e para atender as normas da PNRS, as empresas modernas utilizam a logística reversa de pós-venda, diretamente ou por meio de terceirização com

empresas especializadas, objetivando cobrir as seguintes exigências destacadas por Rodrigues (2007):

1. **Sensibilidade ecológica:** A cada dia, cresce a conscientização dos consumidores, e isso faz com que eles prefiram empresas que se preocupam com o meio ambiente e possuem políticas de retorno de produtos.

2. **Imagem diferenciada:** Através do marketing, empresas podem alcançar uma imagem diferenciada de ser ecologicamente correta.

3. **Redução de custos:** Com a logística reversa, pode haver o uso de produtos que retornam ao processo de produção, diminuindo os custos e a extração de matérias primas.

4. **Redução do ciclo de vida dos produtos:** O avanço tecnológico vem provocando uma obsolescência dos bens, necessitando, portanto, de alternativas para destinação final dos bens de pós-consumo.

5. **Pressões legais:** A responsabilidade dos impactos ambientais é dos fabricantes, forçando as empresas a cuidar do tratamento e da disposição de forma adequada.

Entretanto, é notável que nem toda a população tem conhecimento dos processos de reciclagem de pilhas e baterias. Há também problemas quanto aos postos de coleta das baterias usadas. Visto isso, a Resolução CONAMA nº 257/1999 regulamentou o descarte das baterias:

Art. 1º As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletroeletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

O CONAMA regulamentou, também, as quantidades de metais pesados, em especial o mercúrio, que podem ser usados em pilhas e baterias. Com isso, os impactos ambientais produzidos podem ser diminuídos significativamente, uma vez que as baterias não podem ser descartadas junto ao lixo doméstico. Por conter altas quantidades de metais pesados, serão coletadas por empresas responsáveis para dar destino adequado a esse material.

Na logística reversa, têm-se todos os processos descritos na logística, porém de modo inverso, pois engloba as informações desde o ponto de consumo até seu ponto de origem, com o propósito de recuperação de valor e descarte apropriado para coleta e tratamento do resíduo (OLIVEIRA e SILVA, 2012). Assim, entende-se o termo “logística reversa” como as atividades logísticas de coletar, desmontar e processar produtos, materiais e peças usados a fim de

assegurar seu reaproveitamento ou estabelecer outra destinação final ambientalmente correta (Figura 10). Por isso, a importância de se realizar a logística reversa.

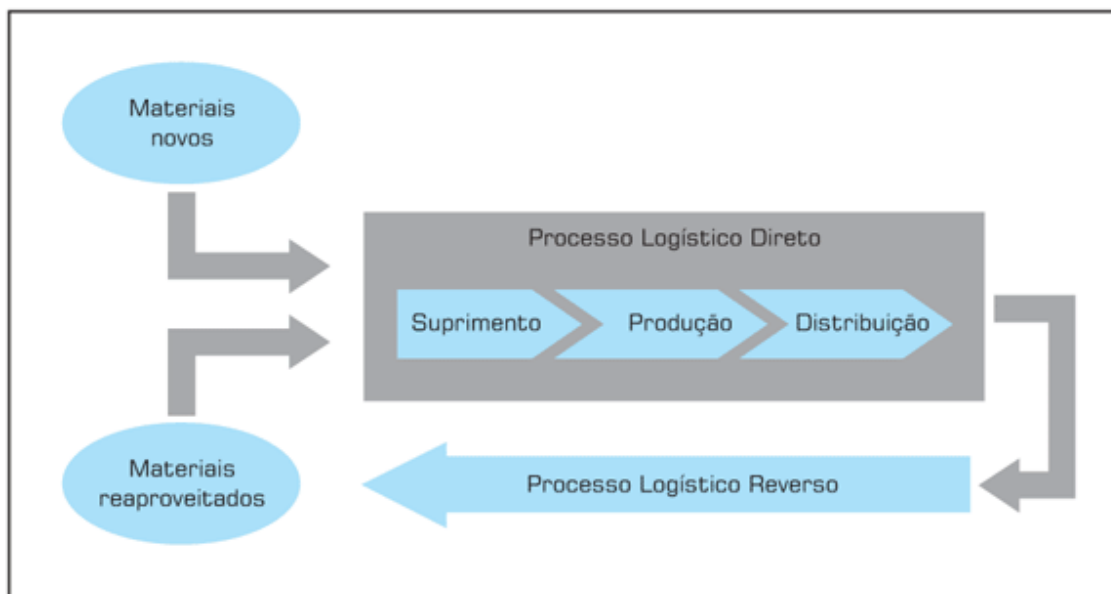


Figura 10: Etapas da Logística Reversa

Fonte: OLIVEIRA e SILVA (2012).

Ainda de acordo com a PNRS, todos os geradores de resíduos, que incluem os consumidores, importadores e fabricantes, têm responsabilidades quanto à sua destinação correta. É a responsabilidade compartilhada. De forma resumida, eis um pequeno quadro das obrigações dos vários intervenientes na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos:

- Os produtores/fabricantes: terão eles uma responsabilidade pelo produto eletroeletrônico, mesmo após o fim da sua vida útil, obrigando-se a promover a Logística Reversa (art. 33, da PNRS), mas, também, uma correta rotulagem ambiental para possibilitar a efetivação dessa logística (art. 7º, inciso XV, da PNRS); a ecoconcepção do produto, a fim de prevenir os perigos decorrentes da transformação do produto em resíduo (art. 31, inciso I da PNRS); e, ainda, obrigações financeiras para com a entidade gestora dos resíduos, conforme art. 33, §7º da PNRS (caso em que os produtores contratam uma terceira entidade para gerir os REEs);

- Os comerciantes e distribuidores: a responsabilidade se traduz no dever de informar os clientes e consumidores no que tange à logística reversa e sobre os locais onde podem ser depositados o lixo eletrônico e de que forma esses resíduos serão valorizados (art. 31, inciso II da PNRS);

- Os consumidores e os utilizadores finais dos equipamentos eletroeletrônicos: estes assumem a obrigação de colaborar com a gestão dos REEs, dispondo, seletivamente, o lixo eletrônico nos locais identificados pelos comerciantes e distribuidores (art. 33, §4º, da PNRS).

4.2 Outros destinos dos resíduos eletroeletrônicos

Segundo Rodrigues (2007), há uma carência de empresas especializadas no gerenciamento do lixo eletrônico, além de um desinteresse do mercado de materiais pelos resíduos eletrônicos, tendo como consequência o descarte inadequado desses resíduos junto com os demais resíduos domiciliares.

As empresas especializadas no reaproveitamento dos REEs apresentam alternativas para sua minimização. Essas empresas compram materiais eletrônicos descartados de órgãos públicos, bem como de outras empresas, onde fazem os reparos necessários para que voltem a funcionar. Mas, quando isto não é possível, desmontam e reaproveitam suas sucatas. O que permite reduzir a extração de novos recursos que são necessários para a fabricação de aparelhos celulares. De acordo com os dados da CEMPRE (2012), existem no Brasil, 29 recicladoras de resíduos eletroeletrônicos: 1 no Rio Grande do Sul, 2 no Paraná, 4 em Santa Catarina e as demais em São Paulo.

A preocupação com os resíduos eletroeletrônicos é mundial, devido ao alto custo ambiental. Os trabalhos de Goodman (2008) e de Yang (2008) mostram o que países como Estados Unidos e China têm feito em termos de políticas públicas que controlem o uso de certas substâncias causadoras de impacto ambiental. Nos Estados Unidos, substâncias como os retardadores de chama, bromados, cádmio, chumbo e seus compostos são restringidos ao uso em eletroeletrônicos. Já na China, o que se tem visto em termos de políticas públicas é o apoio ao desenvolvimento de formas apropriadas de coleta e disposição do lixo eletrônico e uma regulamentação mais abrangente em termos mundiais para o lixo eletrônico.

4.2.1 Reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos

Os impactos ambientais causados pelos resíduos eletroeletrônicos, como vimos, são inúmeros. Por esse motivo, deve haver o descarte adequado e a reciclagem para diminuir ao máximo os danos ao meio ambiente e a população.

Em uma pesquisa realizada pela empresa NOKIA no ano de 2010, entre 65% e 80% dos compostos dos aparelhos celulares podem ser reciclados, porém no Brasil, apenas 2% dos aparelhos celulares são reciclados, enquanto 32% dos aparelhos são mantidos em casa, 29% são repassados a outras pessoas e 10% são descartados no lixo doméstico (OLIVEIRA e outros, 2011).

Além do risco a saúde e ao meio ambiente, deve-se levar em conta que cada tonelada de telefones celulares contém em média 3,5 kg de prata, 340g de ouro, 140g de paládio e 130 kg de cobre, levando não somente a perdas ambientais, mas também econômicas (OLIVEIRA e outros, 2011).

O quadro 3 apresenta a forma correta de reciclagem de cada parte do celular.

Quadro 3: Reciclagem do celular

Parte do aparelho	Reciclagem correta
Carcaça	O PVC e os policarbonatos podem ser incinerados para gerar energia, lembrando que deve haver também, a neutralização dos gases tóxicos. Ou derretê-los e transformá-los em plásticos reciclado, usado em produtos de menos valor.
Tela de LCD	O visor de vidro é reaproveitado. Mas a recuperação dos metais especiais, como o índio, ainda é considerada muito cara e ocorre apenas em testes.
Teclado	Normalmente os botões possuem o mesmo destino da carcaça: derretimento ou incineração para produção de energia. Já os contatos, são de prata e podem ser recuperados.
Circuito eletrônico	Os metais nobres, como o ouro e prata, e comuns, como cobre e esanho, são reaproveitados. A base de epóxi é usada como combustível para a caldeira em que os metais são fundidos.
Bateria	As baterias possuem cobalto, níquel e ferro, que podem ser reaproveitados

Fonte: ARREMESSO CELULAR (2012)

4.2.2 Programas de reciclagem de empresas de celulares⁴

Para se adequar as normas e leis regulamentadas e citadas ao longo do texto, cada empresa de celular desenvolve programas para dar suporte aos consumidores após o tempo de vida útil de seus aparelhos. São elas:

- **SAMSUNG:** A Samsung Eletrônicas está desenvolvendo inúmeros programas com o objetivo de assumir a responsabilidade por seus produtos no fim de sua vida útil. Segundo a empresa, esta responsabilidade inclui assegurar que todos os produtos recolhidos sejam reciclados da maneira mais eficiente para minimizar o volume de materiais não recuperáveis e maximizar os materiais utilizáveis.

Os consumidores podem dispor de antigos produtos portáteis na reciclagem de caixas disponíveis na rede de centros de serviços da Samsung.

- **MOTOROLA:** A empresa iniciou em 1998 o programa de coleta que segregava as baterias na rede de assistência técnica e com parceiros como as operadoras de telefonia celular. Em 2007, essa iniciativa expandiu, passando a ser um programa global chamado ECOMOTO que ofereceu meios e oportunidades aos consumidores em descartar não só a bateria, mas também aparelhos MOTOROLA de forma ambientalmente correta. Além disso, assegura que atende os requisitos da PNRS e demais legislações vigentes.

Com o objetivo de reaproveitar os resíduos sólidos domésticos gerados, a empresa Motorola fabricou o primeiro celular do mundo, feito com plástico reciclado, o MOTOTM W233

⁴ Este capítulo foi desenvolvido a partir do trabalho de OLIVEIRA e outros (2011).

Eco. Esse celular possui 25% da sua estrutura externa feita a partir de garrafas plásticas. A embalagem e o manual são produzidos a partir de papel reciclado e sua bateria possui maior vida útil, garantindo economia de tempo e energia. Além disso, é o primeiro celular do mundo que traz o certificado *CarbonFree*. Isso significa que todo o carbono emitido na fabricação, na distribuição e no uso do celular é compensado com investimentos em projetos de preservação, reflorestamento e energia renovável, por uma parceria com a *Carbonfund.org*TM.

- LG: A *LG Eletronics* busca fazer uma análise de ciclo de vida de cada um de seus produtos, baseadas em quatro estratégias principais: Redução dos recursos Redução da emissão de CO₂, Melhoria na capacidade de reciclagem; Melhoria na eficiência energética.

A LG também possui postos de coleta de aparelhos obsoletos e busca promover o retorno dos resíduos às fontes geradoras dos mesmos para que sejam tratados e aproveitados de maneira correta.

- NOKIA: De acordo com poucas informações encontradas no site, a empresa criou cerca 6000 pontos de reciclagem em quase 100 países ao redor do mundo. Mas a entrega dos aparelhos também pode ser feita pelos Correios.

- SONYERICSSON: A empresa possui vários postos de coleta e garante que todos os aparelhos resgatados serão reciclados de forma ambientalmente correta:

- ✓ O aterro de resíduos nesse processo de reciclagem é mantido em uma mínima área.
- ✓ A maioria do material de reciclagem é reutilizado, seja recuperando partes como matéria prima secundária ou como energia.
- ✓ Os materiais restantes serão eliminados de forma ambientalmente consciente, de acordo com as leis e regulamentos aplicáveis.

5 CONCLUSÕES

Com o avanço tecnológico, as facilidades oferecidas pelo uso das tecnologias de comunicação vêm mudando profundamente o comportamento humano e a relação delas com os aparelhos eletroeletrônicos. Um desses aparelhos é o celular que, ao longo dos anos, deixou de ser um produto de posse das classes mais altas para tornar-se de uso popular, do qual muitas pessoas dependem.

Diante das questões ambientais levantadas e da preocupação com o descarte do lixo eletrônico, é importante que haja uma conscientização dos consumidores e responsabilidade das empresas quanto ao ciclo de vida de um celular e, 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. Recomenda-se que empresas de celular desenvolvam programas para dar suporte aos consumidores após o tempo de vida útil de seus aparelhos, a fim de se adequar as normas e leis regulamentadas.

Busca-se, com isso, assegurar que todos os produtos recolhidos sejam reciclados da maneira mais eficiente para minimizar o volume de materiais não recuperáveis e maximizar os materiais utilizáveis, atendendo as dimensões da sustentabilidade.

6 REFERÊNCIAS

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

ARREMESSO CELULAR. Disponível em <<http://www.arremessocelular.com.br/contato.html>> Acesso em 6 set.2012.

BARBIERI, J.C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: editora Saraiva, 2006.

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: 28 mar. 2013

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Banco de Teses e Dissertações**. Disponível em <http://www.capes.gov.br/capes/portal/conteudo/10/Banco_Teses.htm>. Acesso em: 12 fev. 2012.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <http://www.cempre.org.br/serv_eletroeletronicos.php>. Acesso em: 06 dez 2012.

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

CONAMA. Resolução 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**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>> Acesso em 21 jun. 2012.

CURRAN, Mary Ann; NOTTEN, Philippa. **Summary of global Life Cycle Inventory data resources**. Prepared for Task Force 1: Database Registry. SETAC/UNEP Life Cycle Initiative. 2006. Disponível em <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/pdfs/summary_of_global_lci_data_resources.pdf#search=%22alcala%20lca%22>. Acesso em 31 ago. 2006.

EPA. U.S. Environmental Protection Agency and Science. **Applications International Corporation**. LCAccess - LCA 101. 2001. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/lca101.htm>> Acesso em 25 set.2012.

FINKBEINER, Matthias; MATSUNO, Yasunari. LCA in Japan – the past, the present, the future. **International Journal of Life Cycle Assessment**. 5 (5) 253-254. 2000.

GERMAN NETWORK ON LIFE CYCLE INVENTORY DATA. **Informações sobre o banco de dados**. Disponível em <<http://www.lci-network.de/cms/content/lang/en/pid/375>>. Acesso em 05 set. 2006.

GOODMAN, Paul. Current and Future Hazardous Substance Legislation Affecting Electrical and Electronic Equipment. **Review of European Community and International Environmental law**. 17 (3) 2008.

GUIMARÃES, Roberto P. Desenvolvimento Sustentável: da retórica à formulação de políticas. In: **A Geografia Política do Desenvolvimento Sustentável**. Editora UFRJ, 1997. p.13 -44.

HISCHIER, Roland. **Capacity Building in Life Cycle Inventory Database development in Brasil**. Brasília. 2005. Disponível em <<http://www.abnt.org.br/cb38>>. Acesso em 15 ago. 2005.

IBICT - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. **Avaliação do Ciclo de Vida. Teses e dissertações**. Disponível em <<http://acv.ibict.br/publicacoes/teses>>. Acesso em 13 abr. 2012.

ISO 14040, 1997. **Environmental management – Lyfe Cicle Assessment – Principles and framework**. First edition, Genève: Switzerland.

ISO 14041, 1998. **Environmental management – Lyfe Cicle Assessment – Goal and scope definition – Inventory Analysis**. Genève: Switzerland.

ITAUTEC. **Itautec e Sustentabilidade**. Guia do Usuário Consciente de Produtos Eletrônicos. Itautec. Fevereiro, 2011 Disponível no site: <<http://www.itautec.com.br/sustentabilidade>> Acesso em 21 ago. 2012.

KGATHI, D.L. e BOLAANE, B. **Instruments for sustainable solid waste management waste: management and research**. 2002. Disponível em <http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao_de_Residuos_Solidos_PGTGA/CONSIDERACOES_SOBRE_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf> Acesso em 1 set. 2012.

LCA Center Denmark. Disponível em <<http://www.lca-center.dk/cms/site.asp?p=4441>>. Acesso em 12 ago. 2006.

LEMOS, H. M.; BARROS, R. L. P. **Ciclo de Vida dos Produtos: Certificação e Rotulagem Ambiental**. Rio de Janeiro: Comitê Brasileiro das Nações Unidas para o Meio Ambiente, SEBRAE, 2006.

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.

LIMA, A. M. F; CALDEIRA-PIRES, A; KIPERSTOK , A. **Evolução dos Trabalhos de Avaliação do Ciclo de Vida nas Instituições Acadêmicas Brasileiras.** CONFERÊNCIA INTERNACIONAL CICLO DE VIDA, 2., São Paulo, 2007.

MOURAD, Anna L.; GARCIA, Eloísa E.C.; VILHENA, André. **Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e aplicações.** Campinas: CETEA/CEMPRE. 2002. 92 p.

NARITA, Nobuhiko et al. Current LCA database development in Japan – results of the LCA Project. **International Journal of Life Cycle Assessment.** N. 9, V. 6, p. 355-359. 2004.

NATUME, R.Y. SANT'ANNA, F.S.P. **Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** In: 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo. Maio, 2011.

NREL - National Renewable Energy Laboratory. **U.S. Life-Cycle Inventory (LCI) Database.** Disponível em <<http://www.nrel.gov/lci>> Acesso em 28 nov. 2006.

OLIVEIRA, A.L.A.R e outros. **Análise do ciclo de vida do celular com especificações no elemento lítio.** Disciplina 'Engenharia e Ambiente' do primeiro semestre dos Cursos de Engenharia Automotiva, Eletrônica, Energia, Software. Faculdade UNB Gama. Universidade de Brasília. Professor orientador: Antônio Carvalho de Oliveira Junior. Dezembro de 2011.

OLIVEIRA, A.A.; SILVA, J.T.M. **A Logística Reversa no Processo de Revalorização dos Bens Manufaturados.** Disponível em: <http://www.google.com.br/#sclient=psy-ab&q=%22logistica+reversa%22%2B%22MAIUSW%22&og=%22logistica+reversa%22%2B%22MAIUSW%22&gs_l=serp.3...3296.13784.0.16877.23.18.0.5.5.4.656.6953.2-3j10j2j3.18.0....0.0..1c.1.20.psy-ab.emU0Rm26Y9I&pbx=1&bav=on.2,or.r_qf.&fp=b42019f291af2028&biw=1366&bih=667&bvm=pv.xjs.s.en_US.c75bKy5EQ0A.O> Acesso em 4 jun. 2012

PÁLSSON, Ann-Christin; CARLSON, Raul. Adaptations of the Swedish national LCA database system. In: **The Sixth International Conference on Ecobalance.** Out 2004. Tsukuba, Japan. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, Angela Cassia. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil.** 2007. 301f. 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.

SAGISAKA, Masayuki. **The Japanese LCA Project and Its role in APEC**. Material apresentado no seminário “Impacto da Avaliação do Ciclo de Vida na Competitividade da Indústria Brasileira”. 2005. São Paulo. Disponível em <<http://www.ibict.gov.br>>. Acesso em: 29 nov. 2005.

SONNEMANN, Guido (project officer). JENSEN, Allan Astrup; REMMEN, Arne. **Background report for a UNEP guide to Life Cycle Management – A bridge to sustainable products**. 2005. 108 p. Disponível em <http://lcinitiative.unep.fr/default.asp?site=lcinit&page_id=A9F77540-6A84-4D7D-F1C-7ED9276EEDE3>. Acesso em: 27 nov. 2005.

USEPA, 2001. U.S. Environmental Protection Agency and Science **Applications International Corporation**. LCAccess - LCA 101. 2001.

ZAKARIA, Zulina; HASSAN, M.; AWANG, M. Current status and needs for Life Cycle Assessment development in Asian/Pacific regions. **International Journal of Life Cycle Assessment**. V. 4, N. 4. p 191 – 194. 1999.

YANG, Wanhua, 2008. Regulating Electrical and Electronic Wastes in China. **Review of European Community and International Environmental law**. 17 (3).

AGRADECIMENTOS

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

